



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**ESPE - SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE  
ARADO DE DISCOS REVERSIBLE.**

**PROYECTO DE GRADO PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE  
INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ**

**VICTOR M. ORTIZ ALBÁN**

**LATACUNGA-ECUADOR**

**2008**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

Los contenidos e ideas de la presente Tesis de Grado son de exclusiva responsabilidad de su autor.

---

**Sr. Victor Ortiz Albán.**

# **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo ha sido desarrollado en su totalidad por el Señor:  
VICTOR ORTIZ ALBÁN bajo nuestra dirección y codirección.

---

ING. OSWALDO JACOME

DIRECTOR

---

ING. GUIDO TORRES

CODIRECTOR

## *Dedicatoria*

*A mis padres, mi familia y amigos, quienes me apoyaron durante toda mi carrera y depositaron su confianza en mí para salir adelante.*

*VICTOR ORTIZ ALBAN*

## *Agradecimiento*

*Mí agradecimiento a mis maestros a lo largo de toda la carrera por los conocimientos impartidos y sobremanera al Director y Codirector de mí tesis, además a las personas que me asesoraron y colaboraron para la construcción del "Arado de Discos Reversible" objeto de mí tesis.*

**VICTOR ORTIZ ALBAN**

## INDICE GENERAL

Carátula	I
Declaración Expresa	II
Certificación	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	V
Índice General	VI
Índice de Tablas	X
Índice de Gráficos	XI
Introducción	XIII
<b>I. MARCO TEÓRICO.</b>	
1.1 ARADOS DE DISCO.	1
1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ARADOS DE DISCO.	2
1.2.1 POR EL TIPO DE ENGANCHE.	2
1.2.1.1 DE TIRO.	2
1.2.1.2 SEMI – MONTADO O SEMI - INTEGRAL.	3
1.2.1.3 MONTADO O INTEGRAL.	3
1.2.2 POR EL SENTIDO DEL TRABAJO.	4
1.2.2.1 UNIDIRECCIONAL.	4
1.3 CARACTERÍSTICAS Y ELEMENTOS BÁSICOS.	4
1.3.1 BASTIDOR.	5
1.3.2 BRAZO PORTA - DISCO.	5
1.3.3 DISCOS.	6
1.3.4 DESBARRADORES.	7
1.3.5 RUEDA TRASERA O RUEDA GUÍA.	8
1.3.6 RESORTE DE LA RUEDA GUÍA.	8
1.4 PRINCIPALES CALIBRACIONES Y GRADUACIONES DE ARADOS DE DISCO.	9
1.4.1 ÁNGULO DE CORTE	9

1.4.2 GRADUACIÓN O NIVELACIÓN LONGITUDINAL.	10
1.4.3 GRADUACIÓN O NIVELACIÓN TRANSVERSAL.	11
1.4.4 REGULACIÓN DE LA ANCHURA DE TRABAJO.	12
1.4.5 VELOCIDAD DE OPERACIÓN.	14
1.5 FORMA DE TRABAJO DE LOS ARADOS FIJOS Y REVERSIBLES.	14
<b>II. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL ARADO.</b>	
2.1. DISEÑO MECÁNICO Y ESTRUCTURAL	16
2.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.	16
2.1.1.1. MEDIDAS DEL BASTIDOR.	16
2.1.1.2. NÚMERO DE DISCOS.	16
2.1.1.3. PROFUNDIDAD DE TRABAJO.	16
2.1.1.4. FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL ARADO.	18
2.1.2. CÁLCULOS DE DISEÑO.	19
2.1.2.1. DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE CORTE.	19
2.1.2.2. CAPACIDAD TEÓRICA DE TRABAJO DEL ARADO	20
2.1.2.3. POTENCIA NECESARIA PARA TRACCIONAR EL IMPLEMENTO.	21
2.2. DISEÑO DEL MECANISMO DE GIRO.	23
2.2.1. FUNCIONES DEL MECANISMO DE GIRO.	23
2.2.2. SELECCIÓN DEL CILINDRO HIDRÁULICO.	23
2.2.2.1. REQUISITOS PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE CILINDROS HIDRÁULICOS.	24
2.2.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO.	25
2.2.2.3 POTENCIA REQUERIDA PARA ACCIONAR EL CILINDRO HIDRÁULICO.	26
2.2.2.4 FUERZA DE EMPUJE DEL CILINDRO.	27
2.2.2.5 VELOCIDAD DE AVANCE DEL CILINDRO.	30
2.2.2.6 TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CILINDRO.	32
2.2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL MECANISMO DE REVERSIÓN.	33
2.2.3.1 VELOCIDADES.	33
2.2.3.2 FUERZAS.	39

2.2.4 SELECCIÓN DE COJINETES.	41
2.2.4.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE COJINETE.	41
2.2.4.2 JUEGO ENTRE EL EJE Y EL COJINETE.	42
2.2.4.3 ESPESOR MÍNIMO DE LA PELÍCULA.	43
2.2.4.4 PRESIÓN SUPERFICIAL MEDIA.	44
2.2.4.5 LUBRICACIÓN.	45
2.2.4.5.1 INTERVALOS DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO.	49
2.3 SELECCIÓN DE LOS DISCOS.	50
2.3.1 ÁNGULO VERTICAL O DE PENETRACIÓN.	50
2.3.2 DIAMETRO DEL DISCO.	51
2.3.3 ÁNGULO DEL DISCO.	52
2.3.4 FILO DEL DISCO.	52
2.3.5 SUPERFICIE DEL DISCO.	53
2.3.6 SELECCIÓN DE LOS DISCOS.	54
2.3.7 AJUSTE HORIZONTAL DE LOS DISCOS.	54
2.3.8 POSICIÓN DE LOS DISCOS.	55
2.4 POSICIONES DE LA RUEDA GUÍA.	55
2.4.5 AJUSTE DE LA ALTURA E INCLINACIÓN DE LA RUEDA GUÍA.	56
2.5 MANGUERAS Y CONEXSIONES.	58
2.6 COPLES.	60
<b>III. CONSTRUCCIÓN DEL ARADO</b>	
3.1 MONTAJE Y MANEJO DE MATERIALES.	61
3.1.1. OPERACIÓN.	61
3.1.2. INSPECCIÓN.	61
3.1.3. TRANSPORTE.	62
3.1.4. ALMACENAJE	62
3.1.5 RETRASO.	62
3.1.6 ACTIVIDAD COMBINADA.	62
3.2 ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO.	62
3.3 ENSAMBLE.	68

3.3.1 BASTIDOR PRINCIPAL Y BASTIDOR DE DISCOS.	68
3.3.2 MONTAJE DE LOS DISCOS EN LOS PORTA-DISCOS.	69
3.3.3 MONTAJE DEL CILINDRO HIDRÁULICO.	70
3.3.4 TOPES DE HULE.	70
3.4. PROCEDIMIENTO DE UTILIZACIÓN DEL IMPLEMENTO.	71
3.4.1 TRANSPORTE DEL ARADO CON SEGURIDAD.	71
3.4.2 ANTES DE OPERAR EL ARADO.	72
3.4.3 ASENTAMIENTO DEL ARADO.	73
3.4.4 PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD AL OPERAR EL ARADO.	73
3.5 PRUEBAS.	74
3.6 RESULTADOS.	75
<b>IV. ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	
4.1 COSTOS.	78
4.1.1 PERSONALES.	78
4.1.2 MISCELÁNEOS.	78
4.1.3 USO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LABORATORIO.	79
4.2 GASTOS.	79
4.3 COSTO TOTAL DEL PROYECTO.	80
4.4 FINANCIAMIENTO.	81
4.5 COSTO OPERATIVO DEL IMPLEMENTO – ARADO.	81
4.5.1 COSTOS FIJOS.	81
4.5.1.1 AMORTIZACIÓN.	81
4.5.1.2 INTERÉS.	82
4.5.1.3 ALOJAMIENTO.	83
4.5.2 COSTOS VARIABLES.	83
4.5.2.1 REPARACIONES Y MANTENIMIENTO.	84
4.5.2.2 MANO DE OBRA	84
4.6. COSTO TOTAL	85
4.7. RECUPERACIÓN DEL CAPITAL.	87
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	

5.1 CONCLUSIONES	89
5.2 RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	91
<b>ANEXOS</b>	
ANEXO “A” VELOCIDADES DE TRABAJO	92
ANEXO “B” COEFICIENTE DE LABRANZA	93
ANEXO “C” ASPEREZAS SUPERFICIALES	94
ANEXO “D” VALORES DE DESGASTE Y OBSOLESCENCIA	95
ANEXO “E” PARAMETROS PARA EL CALCULO DEL VALOR RESIDUAL	96
ANEXO “F” COEFICIENTE DE REPARACION Y MANTENIMIENTO	97
ANEXO “G” VALORES DE TORSION PARA TORNILLERIA	98
ANEXO “H” PLANOS	100

## INDICE DE TABLAS

Tabla II.1	Variables Determinadas	17
Tabla II.2	Variables Determinadas	49
Tabla III.1	Factores Sometidos a Pruebas.	75
Tabla III.2	Longitud de las conexiones de Levante	76
Tabla IV.1	Costos Personales	78
Tabla IV.2	Misceláneos	78
Tabla IV.3	Usa de Maquinaria y Equipo de Laboratorio	79
Tabla IV.4	Gastos del Proyecto	80
Tabla IV.5	Costo Total del Proyecto	80
Tabla IV.6	Costo Operativo del Arado de Discos Reversible.	86

## INDICE DE GRAFICOS

Figura 1.1	Desempeño del disco.	1
Figura 1.2	Arado de Discos Remolcado por el Tractor.	2
Figura 1.3	Arado de Discos Semisuspendido al Tractor.	3
Figura 1.4	Arado de Discos Suspendido Íntegramente por el Tractor.	4
Figura 1.5	Brazo Porta - disco.	6
Figura 1.6	Disco para Arado.	7
Figura 1.7	Desbarrador.	7
Figura 1.8	Rueda Guía.	8
Figura 1.9	Resorte de la rueda Guía.	9
Figura 1.10	Ángulos de Disco.	10
Figura 1.11	Nivelación Longitudinal del Arado.	11
Figura 1.12	Nivelación Transversal.	12
Figura 1.13	Regulación de la anchura de trabajo.	13
Figura 1.14	Solera que se Forma al Arar con arado de discos.	13
Figura 1.15	Forma de Trabajo de los Arados.	15
Figura 2.1	Caja de Controles.	18
Figura 2.2	Esquema del Cilindro Hidráulico.	24
Figura 2.3	Cilindro Hidráulico.	25
Figura 2.4	Velocidades del Mecanismo de Reversión.	34
Figura 2.5	Escalas de Temperatura Operacional de grasas de Agrícolas.	48
Figura 2.6	Regulación del Angulo de Inclinación del disco.	51
Figura 2.7	Angulo de disco.	52
Figura 2.8	Tipos de Bordes de los discos.	53
Figura 2.9	Mecanismo de Reversión de los discos.	54
Figura 2.10	Caja de Control del Cilindro Hidráulico.	55
Figura 2.11	Mecanismo de Reversión de la rueda Guía.	56
Figura 2.12	Altura de la Ruada Guía.	57
Figura 2.13	Ajuste de altura e Inclinación de la rueda Guía.	58
Figura 2.14	Soporte de las Mangueras.	59

Figura 2.15	Caja de Acoples Rápidos del Tractor.	59
Figura 2.16	Coples.	60
Figura 3.1	Bastidor Principal y Bastidor de discos.	69
Figura 3.2	Montaje de los discos.	69
Figura 3.3	Montaje de Cilindro Hidráulico.	70
Figura 3.4	Topes de Hule.	71

## **INTRODUCCION.**

Se puede definir a la mecanización agraria como el proceso en el cual la energía mecánica es puesta al servicio de la producción agrícola, ofreciendo la oportunidad de realizar en menor tiempo todo tipo de tareas como por el ejemplo pulverizaciones, labranza, siembra, desmalezado, manejo de la cosecha entre otros. En la actualidad no es posible pensar en una producción moderna y económica sin la intervención de equipos mecánicos que reduzcan o faciliten las tareas rurales.

El arado de discos apareció como una alternativa para reducir la fricción del arado de vertedera mediante un cuerpo rodante en vez de uno que se desliza a lo largo del surco. Consiste en uno o varios discos montados individualmente a un chasis o armazón.

En el arado de discos la calidad del barbecho no es tan perfecta como el realizado por el arado de vertederas, pues no invierte completamente el suelo. Bajo las condiciones normales de trabajo deja el terreno más disperejo y con más terrones (lo cual puede ser ventajoso en suelos susceptibles de erosionarse), y en general se requerirá un mayor número de labores posteriores para completar la preparación del suelo. Sin embargo, el arado de discos trabaja mejor en aquellos casos en que el arado de vertederas no encuentra las condiciones adecuadas, tales como:

- Suelos pegajosos que no escurren bien sobre la vertedera.
- Suelos que tengan capas compactas.
- Suelos secos y duros en los que el arado de vertederas no puede penetrar.
- En suelos con raíces o tocones ya que los discos pueden rodar sobre tales obstáculos.
- Suelos con demasiado material suelto sobre la superficie (paja, rastrojos, malezas).
- En suelos muy abrasivos que provocan desgaste excesivo, porque los discos, al girar, se desgastan uniformemente.

Debido la alta inversión económica que en la actualidad requiere la preparación del suelo, la mecanización agrícola en el Ecuador ha adquirido una importancia mayor.

Las grandes extensiones de tierras fértiles en nuestro país y las ganas de trabajarlas, alimentan las necesidades de los agricultores de disponer de nuevas herramientas para el campo, procesos mucho más eficientes, seguros y especialmente económicos a través de los cuales y sin olvidar la calidad se pueda conseguir una adecuada preparación del suelo.

La evolución de la maquinaria agrícola en el siglo XX ha sido tan espectacular que, en época reciente estamos asistiendo al empleo de dispositivos electrónicos e informáticos en las máquinas, los cuales miden diversas variables relativas al trabajo que desarrolla, guardan la información en registros e, incluso, deciden cómo debe comandarse la máquina. No solo estamos liberados de realizar esfuerzos, sino también de mantener toda nuestra atención en el trabajo y tomar decisiones en función de las características del terreno, cultivo, etc. Estas técnicas, que a nivel de investigación y prototipo marcan el inicio del siglo XXI en el que es de esperar que se difundan.

El tema de Proyecto es fruto de la investigación realizada en miras a mejorar el rendimiento, así como a reducir los tiempos de trabajo de un implemento de gran uso dentro del sector agrícola, como lo es el arado tradicional, el mismo que por su diseño y construcción representa un impedimento a la hora de realizar la preparación del suelo, ya que el operador esta limitado a trabajar en un determinado sentido.

Además, debido a que la producción agrícola cada vez requiere de mayores inversiones; la elaboración y uso de estos implementos nos permitirá optimizar los tiempos de trabajo así como conseguir mejores réditos económicos, sin que estos factores afecten la calidad del arado sobre el suelo.

El contenido de este proyecto se desglosa en cinco capítulos, cada uno de los cuales cuenta a su vez con una presentación de acuerdo a la temática que engloba.

En el primer capítulo se da a conocer brevemente los beneficios e importancia que pueden significar para el país la mecanización de la agricultura, posteriormente se detalla la clasificación y tipos de arados de disco, características y elementos fundamentales, así como las principales calibraciones y graduaciones con las que deben contar estos implementos para su correcto desempeño.

El segundo capítulo hace referencia al diseño, en el cual se realizará los cálculos matemáticos y la selección adecuada de los elementos correspondientes para conseguir que el sistema de arado de discos reversible se encuentre dentro de los parámetros establecidos para su normal desempeño y de esta manera la inversión no se vea perjudicada de ninguna manera.

El tercer capítulo continúa con la construcción del arado de discos reversible, para lo cual se considerará técnicas como montaje y manejo de materiales, elaboración de diagramas de operación y procesos para posteriormente, y una vez concluido el montaje del implemento, someterlo a las correspondientes pruebas de rigor, quedando demostrado de esta manera que el mismo cumple con las expectativas de funcionalidad.

En el cuarto capítulo se reseña en forma detallada los aspectos correspondientes al análisis económico, que abarca los factores que favorecen y afectan tanto interna como externamente al desarrollo del proyecto. El diagnóstico expuesto permite identificar sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

Finalmente en el quinto capítulo se pone en consideración conclusiones y recomendaciones producto del análisis y estudio realizados y que deberán ser puestas en práctica por los usuarios y posibles constructores de este importante herramental.

## I. MARCO TEÓRICO.

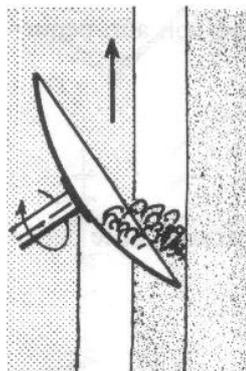
### 1.1 ARADOS DE DISCO.

El arado de discos es un implemento para efectuar la labranza primaria del suelo. El elemento operativo de este arado es el disco. Como se ilustra en la figura 1.1, durante la operación el disco gira, debido a su posición inclinada respecto a la dirección de avance.

Este tipo de arado corta la tierra en forma de un arco elíptico, desplazándola a continuación lateralmente por su movimiento de rotación. Por consiguiente, el fondo del surco es poco uniforme y quedan crestas. Además, no invierte tanto el suelo, sino que más bien lo deshace. El ancho del prisma no guarda una relación adecuada con la profundidad. Por esto, el volumen de aire es menor.

Su utilización es posible en cualquier tipo de suelo y realiza una labor aceptable con diferentes estados de humedad.

Los arados de disco, presentan menos problemas en terrenos pedregosos, requieren menos potencia de tracción, sufren menos desgaste, realizan un mullido más perfecto, realizan una mezcla uniforme de tierra y resto vegetales. Pero, en cambio penetran con más dificultad y no voltean la tierra tan eficazmente.



*Figura 1. 1. Desempeño del disco.*

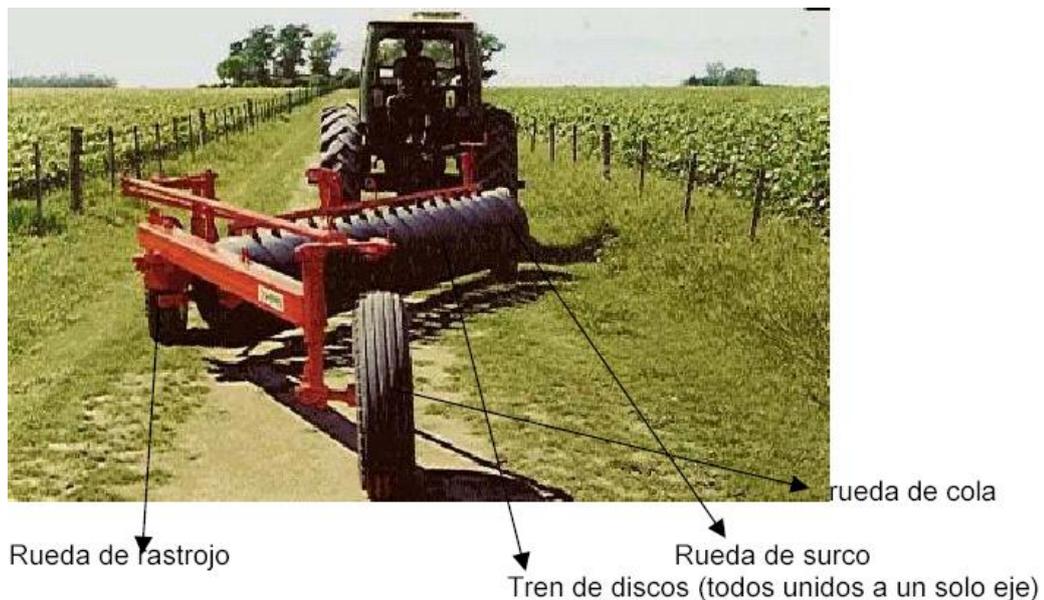
## 1.2 CLASIFICACION DE LOS ARADOS DE DISCO.

### 1.2.1 POR EL TIPO DE ENGANCHE.

#### 1.2.1.1 DE TIRO.

Son enganchadas al tractor en un solo punto por medio de la placa de enganche (arado) y la barra de tiro (tractor), tienen tres ruedas para soportarlos .Puede arrastrarlos cualquier clase de tractor que tenga la fuerza suficiente. La rueda trasera puede producir la potencia necesaria para levantar el arado, a medida de que se emplee un sistema hidráulico. Una de las ventajas que tiene los arados con ruedas es que estas se pueden recargar con lo que consigue una mejor penetración y estabilidad.

Como el arado va sobre sus propias ruedas o elementos de soporte, queda independizado de los movimientos del tractor, realizándose rápidamente las operaciones de enganche y desenganche.



*Figura 1. 2. Arado de discos remolcado por el tractor.*

### **1.2.1.1 SEMI – MONTADO O SEMI - INTEGRAL.**

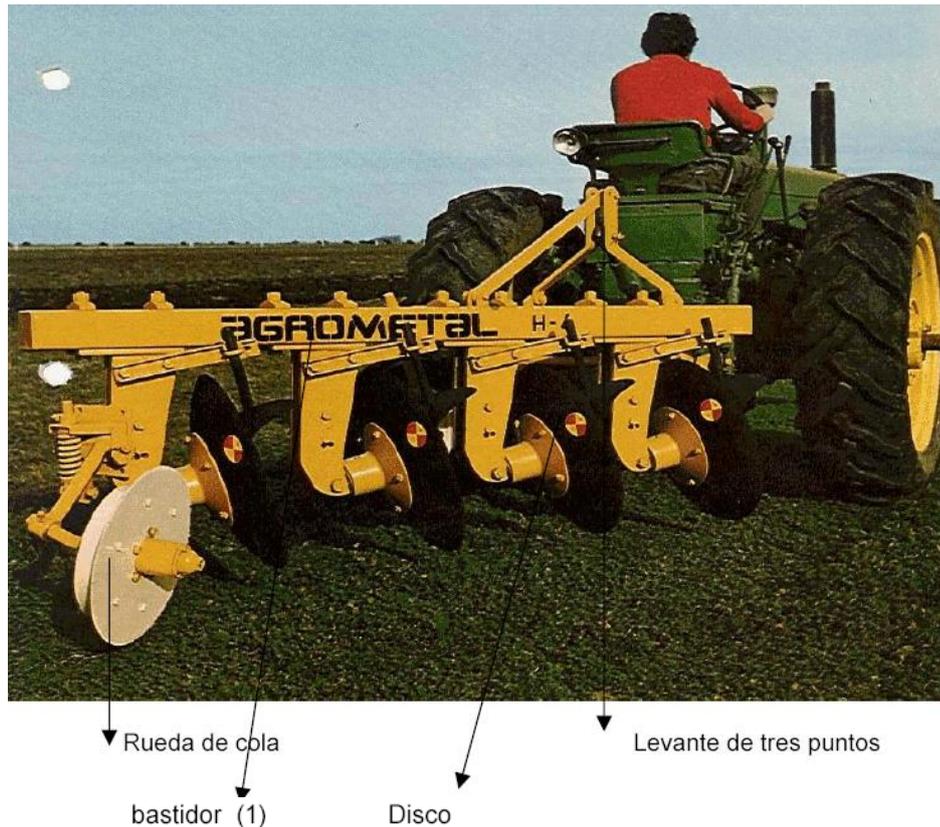
Son parcialmente sustentados por el tractor (nunca por completo), pero con el apoyo sobre una rueda trasera, se enganchan con la barra de tiro del tractor ordinaria por medio de una barra de acoplamiento horizontal. La parte delantera de éste va conectada y montada sobre el tractor, haciendo innecesarias las ruedas de barbecho y la delantera del surco. La rueda trasera se controla con el mecanismo de dirección del tractor. Son muy compactos y de manejo sencillo por lo que puede tomar con facilidad las curvas y alcanzar cualquier rincón. Se levantan moviendo una palanca que esta en la parte delantera del arado.



*Figura 1. 3. Arado de discos semisuspendido al tractor.*

### **1.2.1.1 MONTADO O INTEGRAL.**

Se conectan al tractor con mecanismos de enganche de tres puntos, de tal forma que son completamente soportados por aquel en su posición elevada. El guiado y la profundidad de trabajo pueden así ser controlados por el tractor. Está, sin embargo, limitado su tamaño con respecto a los otros dos tipos de acoplamiento por problemas de estabilidad cuando el arado es levantado, lo que obliga a colocar contrapesos frontales en el tractor.



*Figura 1. 4. Arado de discos suspendido íntegramente por el tractor.*

## **1.2.2 POR EL SENTIDO DEL TRABAJO.**

### **1.2.2.1 UNIDIRECCIONAL.**

En los actuales momentos, debido a su constitución y diseño todos los arados de discos existentes en el sector agropecuario del País, se caracterizan por ser unidireccionales; es decir, realizan el volteo del suelo en un solo sentido, generalmente hacia el lado derecho.

## **1.3 CARACTERÍSTICAS Y ELEMENTOS BÁSICOS:**

Con el arado de disco se consigue disminuir el rozamiento entre el suelo y las partes metálicas de arado en contacto con éste, de forma que también disminuye el gasto de energía. Esto se consigue sobre todo en terrenos arenosos que provocan un desgaste

rápido de las piezas al contener el suelo un elevado porcentaje de piedras. Es un arado formado por discos con forma de casquete esférico que giran alrededor de unos ejes unidos al bastidor. Los ejes están inclinados para que la tierra cortada por el disco presione sobre este y la arrastre y eleve del suelo, al alcanzar una determinada altura la rasqueta desvía la trayectoria de las partículas y caen al fondo del surco de forma que se voltean.

### **1.3.1 BASTIDOR.**

Constituye el armazón del arado sobre este se montan los cuerpos del arado, la torreta de enganche al tractor y la o las ruedas limitadoras de profundidad. Se trata de una estructura tubular, bien de sección rectangular o circular, que transmite los esfuerzos generados en cada cuerpo a la torreta de enganche. Aunque es un componente sencillo sufre grandes tensiones cuando es transportado, especialmente los arados suspendidos. Las variaciones del terreno son absorbidas por el tractor y transmitidas al arado en forma de cargas con movimiento oscilante. Los bastidores modulares permiten aumentar o reducir el número de cuerpos del arado.

### **1.3.2 BRAZO PORTA - DISCO.**

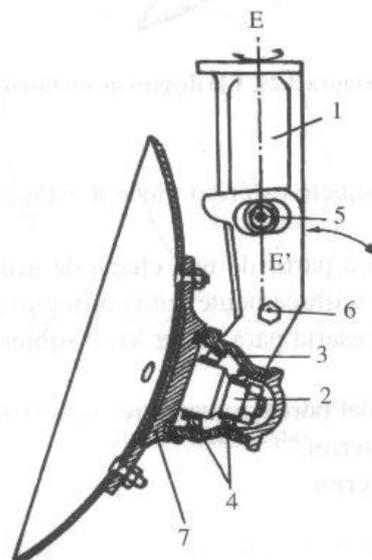
Se trata de un conjunto de elementos que se unen al disco con el bastidor del arado (*fig. 1.5*). Consta de un brazo central en cuyo extremo lleva un eje solidario al disco que gira con este cuando trabaja. Se une a la carcasa mediante un rodamiento que facilita el movimiento de rotación; estos, con el tiempo, se desgasta, debido fundamentalmente a las cargas a las que se encuentran sometidos durante el trabajo, produciendo una serie de holguras por las cuales se aumenta el riesgo de rotura.

Como puede verse, existe una tuerca de regulación que permite conseguir una inclinación mayor o menor del disco hacia delante, girando alrededor de un perno. Entre la carcasa y la placa soporte del disco existe una junta de goma que impide el paso de elementos abrasivos que pueden dañar los rodamientos.

Otra característica del brazo porta-disco es que debe tener la posibilidad de girar alrededor de un eje vertical, a fin de poder modificar la posición del disco en sentido lateral.

1. *Brazo central.*
2. *Eje solidario.*
3. *Carcasa.*
4. *Rodamientos.*
5. *Tuerca de regulación.*
6. *Perno guía.*
7. *Placa soporte del disco.*

*EE'. Eje vertical*



**Figura 1. 5. Elementos y regulaciones del brazo porta-disco.**

### 1.3.3 DISCOS.

Constituye el elemento fundamental en estos arados, ya que es quien realiza el trabajo. Estos casquetes tienen diámetros y radios de curvatura de dimensiones diversas, adaptadas a las distintas labores y suelos.

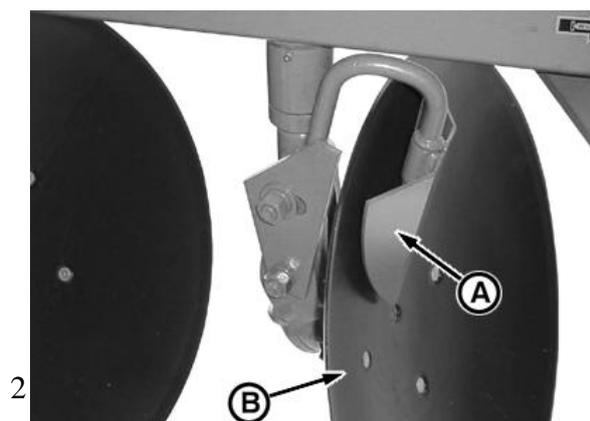
Los discos se construyen a partir de una chapa de acero laminada (AISI C-1074), la cual es estampada y tratada térmicamente para conseguir mediante esta última operación la dureza superficial necesaria para disminuir los posibles desgastes, sobre todo del borde.



*Figura 1. 6. Disco para arado.*

### 1.3.4 DESBARRADORES.

Es una reja situada en el interior del disco, su misión es ayudar al volteo del terreno, y al desprendimiento de la tierra que queda adherida al mismo.



- A-Limpiadores de los discos.
- B-Discos.

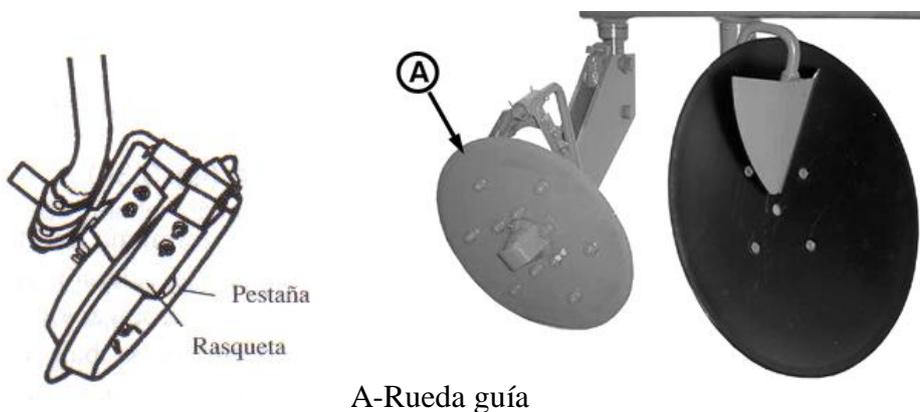
*Figura 1. 7. Desbarrador (limpiador del disco).*

### 1.3.6 RUEDA TRASERA O RUEDA GUÍA.

Situada en la parte posterior del arado, su misión además de soporte, es guiar el arado según la dirección de marcha.

Esta pieza tiene una cierta inclinación sobre el fondo del surco, así como una pestaña a lo largo del diámetro, de manera que permite asentar mejor el arado, a la vez que absorbe el empuje lateral realizado por el terreno sobre el disco.

Algunas veces se utilizan contrapesos en la rueda trasera cuando la penetración es difícil, sobre todo en suelos duros. Estos contrapesos también ayudan a que la rueda de cola mantenga el arado trabajando con mayor estabilidad.



A-Rueda guía

*Figura 1. 8. Rueda guía.*

### **1.3.6 RESORTE DE LA RUEDA GUÍA.**

Tiene por objetivo fundamental proporcionar al arado mayor o menor profundidad de trabajo, según el caso. Además, absorber los efectos de un implemento mal graduado o que trabaje en terreno difícil, ayudando así a darle estabilidad al mismo.



*Figura 1. 9. Resorte de la rueda guía.*

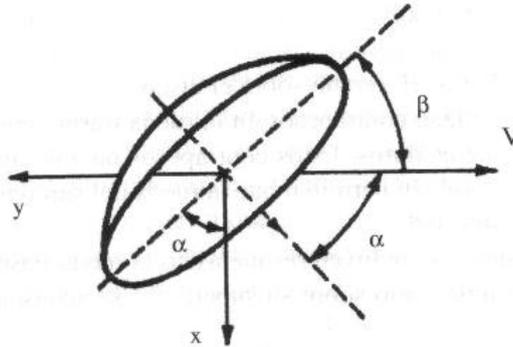
## **1.4 PRINCIPALES CALIBRACIONES Y GRADUACIONES DE ARADOS DE DISCO.**

Para realizar un trabajo eficiente es esencial que el arado y sus discos se encuentren en un buen estado y sean ajustados debidamente y conforme a las condiciones del suelo. Puesto que un arado ajustado correctamente soporta todas las fuerzas laterales y procede en línea recta sin necesidad de ajustar las cadenas de los brazos inferiores del enganche de tres puntos.

### **1.4.1 ÁNGULO DE CORTE ( $\beta$ ).**

O ángulo de ataque, es el formado por la línea de avance o dirección de marcha y el diámetro horizontal del disco. La modificación de este ángulo se lleva a cabo actuando sobre el brazo soporte, pudiendo permitir también el giro en un sentido u otro alrededor del eje vertical de dicho brazo; de este modo puede también controlarse la anchura de

trabajo, ya que la superficie del disco proyectada sobre un plano perpendicular a la línea de avance varía con este ángulo.

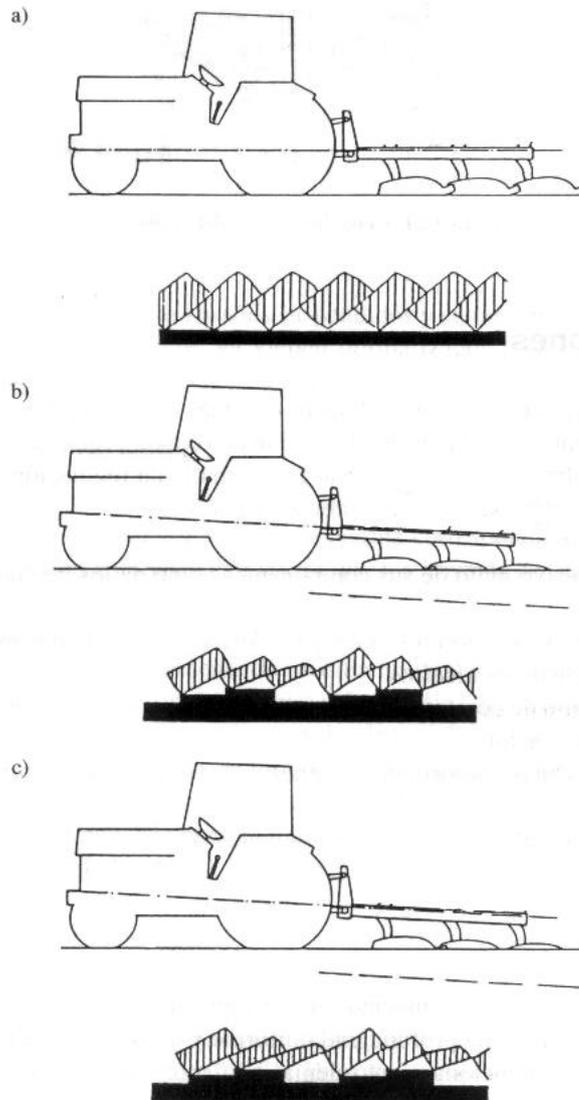


*Figura 1. 10. Ángulos que se forman en la proyección del disco sobre un plano horizontal:  $\alpha$ , ángulo de disco o de la cama;  $\beta$ , ángulo de corte.*

#### 1.4.2 GRADUACIÓN O NIVELACIÓN LONGITUDINAL.

Cuando se mantiene un arado nivelado se consigue una presión pareja entre el disco y la franja de tierra, una profundidad uniforme, una configuración homogénea en todos los surcos y las cuchillas ó discos cortarán por partes iguales y se obtendrá un mejor rendimiento. El funcionamiento demasiado profundo o superficial afecta al ancho de corte.

“Los arados suspendidos se nivelan longitudinalmente ajustando la longitud del punto central del enganche del tractor (corbata o yugo) (Fig. 1.11a), hasta lograr una posición totalmente horizontal. Al acortarse dicho brazo el bastidor se inclina hacia delante y el primer cuerpo penetra en el suelo más que el resto. La inclinación del arado hacia delante permite mejorar la penetración en suelos duros. Ahora bien, una excesiva penetración origina problemas de <<picado>> (Fig. 1.11b) con lo que la labor es deficiente, se sobrecarga el arado y aumenta la resistencia a la tracción. Lo contrario del <<picado>> se denomina <<talonado>> (Fig. 1.11c), es decir, cuando el alargamiento del tercer brazo es excesiva, aquí el primer surco apenas corta el suelo, originándose además problemas de penetración”<sup>1</sup>.



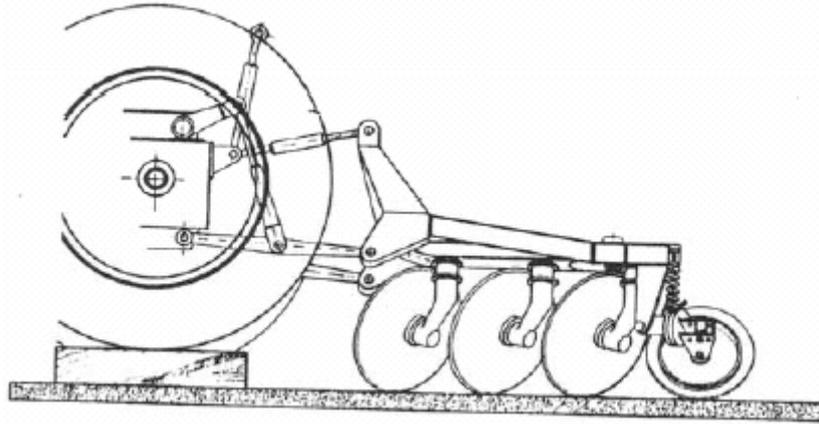
**Figura 1. 11. Nivelación longitudinal del arado: a) Posición correcta; b) Picado (brazo del tercer punto demasiado corto); c) Talonado (brazo del tercer punto demasiado largo).**

### **1.4.3 GRADUACIÓN O NIVELACIÓN TRANSVERSAL.**

Se logra por intermedio de la caja de nivelación situada al lado derecho del conductor.

“Así se consigue que el implemento esté horizontal en la parte trasera del tractor y evita que tanto éste como el arado se salgan de la línea de tiro y del surco”<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Ortiz Cañabate J, Las máquinas agrícolas y su aplicación. 1980. 1ª edición. Madrid. Cap 3. Pág. 67.



*Figura 1. 12. Nivelación o graduación transversal*

#### **1.5.4 REGULACIÓN DE LA ANCHURA DE TRABAJO.<sup>3</sup>**

Esta regulación puede llevarse a cabo modificando el ángulo del disco (Fig. 1.13), orientando convenientemente la rueda trasera soporte que circula por el barbecho.

También puede variarse la anchura de trabajo añadiendo o quitando una o varios discos sobre la parte trasera de aquellos arados concebidos para esta posibilidad.

A fin de no formar crestas muy pronunciadas, debe existir una relación entre la profundidad máxima  $p$  y la profundidad de una cresta  $c$ , esta última debe ser inferior al 40% de la profundidad máxima (ver fig.1.14). Esto es necesario tenerlo en cuenta cuando se ha de variar la anchura de trabajo.

<sup>3</sup> Ortiz Cañabate J, Las máquinas agrícolas y su aplicación. 1980. 1ª edición. Madrid. Cap 3. Pág. 76.

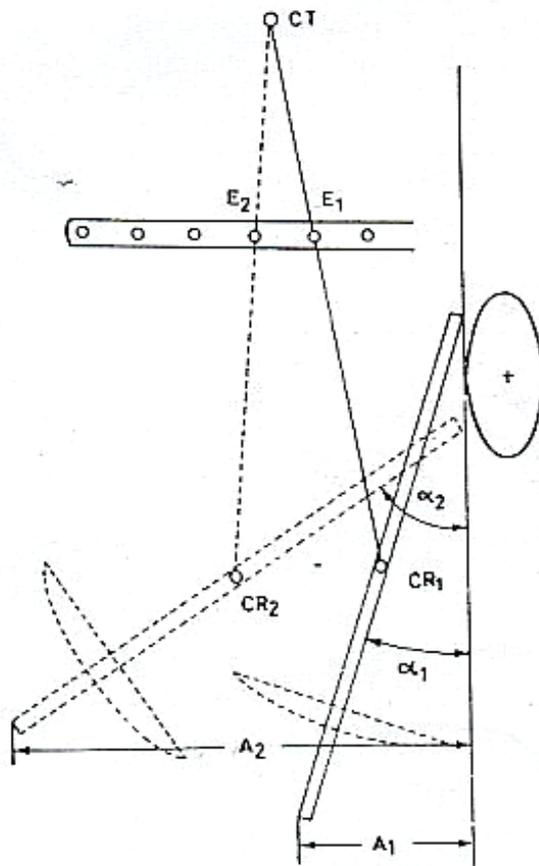


Figura 1. 13. Regulación de la anchura de trabajo modificando el ángulo de disco,  $\alpha$

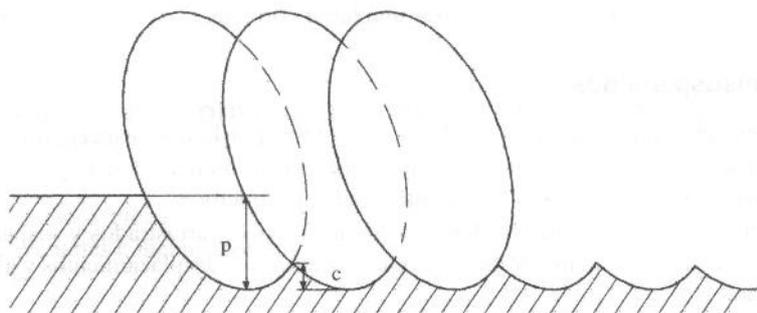


Figura 1. 14. Solera que se forma al arar con un arado de discos.  
 $p$ : profundidad de la labor;  $c$ : altura de las crestas

### **1.5.5 VELOCIDAD DE OPERACIÓN.**

Para un mejor funcionamiento al estar labrando la tierra, todo implemento tiene una velocidad de utilización en la que es máxima su capacidad de desmenuzamiento y otra a la que es mínima la fuerza de tracción necesaria.

Generalmente, un arado de 4 discos, bajo la mayoría de las condiciones recomienda una velocidad de operación equivalente a 7 Km. /h., con el motor girando en un rango cercano a las 2400 rpm, misma que se encuentra tabulada dependiendo del tipo de implemento en el ANEXO A<sup>4</sup>.

Tomando en consideración todos estos parámetros y para conseguir un normal desempeño del arado, es importante no variar las revoluciones del motor, ni el ajuste de sensibilidad, ni la profundidad del arado durante el transcurso de la jornada de laboreo.

### **1.6 FORMA DE TRABAJO DE LOS ARADOS FIJOS Y REVERSIBLES.**

Con los arados fijos, el volteo del prisma de tierra se produce siempre hacia un mismo lado. Con un arado reversible se puede voltear hacia un lado o hacia otro indistintamente, con lo que se puede labrar de forma continua, girando tractor y arado en las cabeceras, desde un extremo de la parcela al otro.

Las ventajas de un arado reversible son evidentes, por la forma de trabajo y por el mayor peso que gravita sobre el arado. Su mayor desventaja es el aumento de prechoque supone la necesidad de contar con una serie de elementos adicionales.

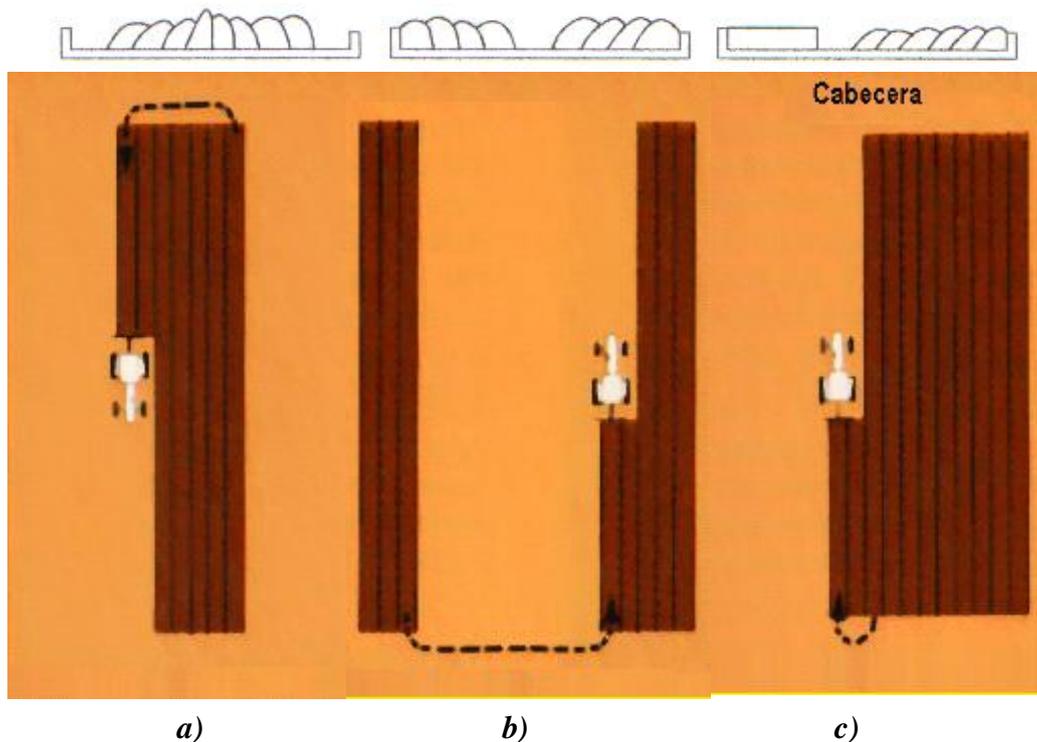
---

<sup>4</sup> [www. Kimbal-maquinaria agrícola.com](http://www.Kimbal-maquinaria-agrícola.com)

En las figuras 1.15a y 1.15b se indican los dos sistemas o formas de realizar el trabajo con arados fijos: se divide la parcela que se va a arar en melgas, realizando alternativamente la labor <<alomando>> y <<hendiendo>>; en la primera, se empieza trabajando por la parte central, formándose un lomo o caballón justo en el medio, mientras que en la segunda se empieza en el margen exterior de la melga hasta terminar en un surco central. En la figura 1.15c por el contrario se indica la forma de realizar el trabajo con arados reversibles, volteando siempre el prisma de tierra hacia un mismo lado.

Resultan especialmente interesantes los arados reversibles en:

- a) Terrenos de regadío que no deben llevar lomos ni surcos intermedios.
- b) Parcelas alargadas.
- c) Parcelas pequeñas.
- d) Terrenos en pendiente, donde conviene voltear todos los surcos hacia arriba.



**Figura 1. 15. Forma de trabajo de los arados asimétricos: a) Alomando; b) Hendiendo; c) Con arado reversible.**

## **II. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL ARADO.**

### **2.1 DISEÑO MECÁNICO Y ESTRUCTURAL.**

#### **2.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO:**

##### **2.1.1.1 MEDIDAS DEL BASTIDOR.**

Se trata de una estructura tubular, de sección rectangular de acero de grano fino micro aleado que garantiza un alojamiento robusto de los platos y herramientas del arado, el mismo que posee las siguientes medidas.

Largo = 2560mm

Ancho = 79,8mm.

Alto = 91,4mm

Espesor = 12,7mm (½ in).

### 2.1.1.2 NÚMERO DE DISCOS.

El número de cuerpos que serán fijados al bastidor principal corresponden a 4 unidades de disco, las mismas que serán dispuestas de tal forma que deberá existir una separación de 72 cm. entre sí.

### 2.1.1.3 PROFUNDIDAD DE TRABAJO (*p*).

La profundidad de la labor es uno de los aspectos más controvertidos al realizar los ajustes correspondientes al implemento. La mayor parte de los usuarios en nuestro país la sitúan en los 30cm, sin embargo, esto no significa que sea la más idónea. Al trabajar a una profundidad superior a la óptima no solo aumenta el consumo de energía sino que se corre el riesgo de generar terrones de gran tamaño que resulten difíciles de romper en las labores de preparación del lecho de siembra.

En la tabla II.1, se detalla la profundidad promedio de labranza (PPL) de los implementos de mayor uso en la preparación de suelos.

*Tabla II. 1. Variables determinadas.*

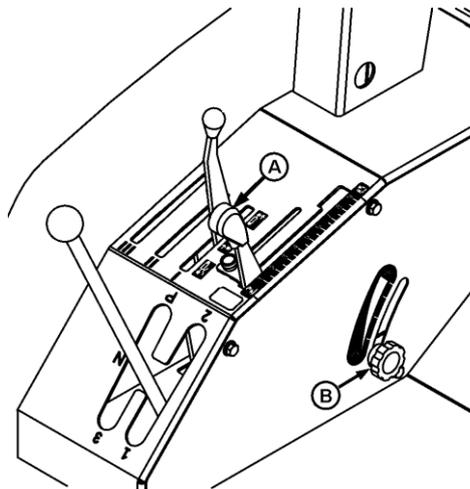
Tratamientos	Patinaje	Velocidad real	Ancho de corte	PPL <sup>†</sup>	Intensidad de labranza	Cresta	Ancho de cresta
	%	m s <sup>-1</sup>	m	cm	%	- - - - -	cm - - - - -
A. Cinceles	19	1.42	2.05	17	38.8	10	10
A. Discos	20	1.33	0.87	30	93.3	17	20
R. Discos	8.2	1.42	1.94	17	56.6	8	12
A. Subsolector	26	1.0	1.10	45	63.4	12	30
L. Cero	0	0	0	0	0	0	0
A. Vertedera	17	1.11	1.04	30	96.7	14	15

<sup>†</sup> PPL = profundidad promedio de labranza.

FUENTE: Revista Agraria “Nueva Época” Año 1. Volumen 1.

La profundidad de trabajo es controlada por medio de la palanca de control del eje oscilante del tractor (A).

Para arar normalmente y obtener una óptima operación de trabajo, colocar la palanca de control de carga y profundidad (B) en la posición media.



*Figura. 2.1. Caja de controles: A) Palanca de control del eje oscilante del tractor, B) Palanca de control de carga del tractor.*

#### **2.1.1.4 FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL ARADO <sup>1</sup>.**

En un arado de discos, y en general sobre cualquier implemento de labranza, que se mueve a velocidad constante, actúan 3 fuerzas principales:

1. La Gravedad o peso del implemento ( $W_i$ ).
2. La reacción del suelo o coeficiente de labranza ( $\mu$ ).
3. La fuerza de arrastre o tracción para mantener el movimiento ( $F_x$ ).

Estas fuerzas actuantes deben estar en equilibrio y su intersección es el denominado “Centro de Resistencia”.

En forma aproximada, el Centro de Resistencia para un cuerpo de disco está localizado en el centro del disco.

---

<sup>1</sup> www. Kimbal-implementos agrícolas.com

Para un arado de varios cuerpos, el centro de resistencia del arado es la media entre los Centros de resistencia de los cuerpos; si el número de los cuerpos es impar, el Centro de Resistencia coincide con el del cuerpo central.

## **2.1.2 CÁLCULOS DE DISEÑO.**

### **2.1.2.1 DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE CORTE (A.C).**

Una forma práctica para conocer ó estimar el ancho de corte de un arado es por intermedio de la Ecuación 2.1:

$$A.C = \frac{N * d}{2} \quad (Ec. 2.1)$$

Siendo:

N = Número de discos.

d = Distancia de separación entre discos [m].

Con los valores ya conocidos de:

N = 4

d = 0,72m.

Reemplazamos en la Ecuación 2.1, obteniendo:

$$A.C = \frac{4 * 0,72m}{2}$$

$$A.C = 1,44m$$

### 2.1.2.2 CAPACIDAD TEÓRICA DE TRABAJO DEL ARADO (CTT).

La capacidad teórica de trabajo de un conjunto tractor – implemento, toma en cuenta el tiempo trabajado y depende del ancho de corte del implemento y de la velocidad teórica de trabajo, siendo interpretado mediante la Ecuación 2.2.

$$CTT = \frac{A.C * V * 1000 \left( \frac{m}{Km} \right)}{10000 \left( \frac{m^2}{ha} \right)} \quad (Ec. 2.2)$$

Siendo:

A.C = Ancho de corte [m].

V = Velocidad teórica de trabajo [Km/h] (tabulada en el ANEXO A<sup>2</sup>).

Con los valores ya obtenidos de:

$$A.C = 1,44m.$$

$$V = 7 \frac{Km}{h}$$

Reemplazamos en la Ecuación 2.2; obteniendo:

$$CTT = \frac{1,44 * 7 * 1000}{10000}$$

$$CTT = 1,008 \frac{ha}{h}$$

<sup>2</sup> www. Kimbal-implementos agrícolas.com

### 2.1.2.3 POTENCIA NECESARIA PARA TRACCIONAR EL IMPLEMENTO ( $H_r$ ).

En general, los trabajos de preparación del suelo con arado son las labores que exigen más potencia del tractor, lo que de cierto modo limita la potencia del mismo.

La energía consumida al labrar depende del coeficiente de labranza  $\mu$ , el mismo que dependiendo de los tipos de suelo y de la velocidad de trabajo según ASAE, se encuentran tabuladas en la ANEXO B<sup>3</sup>.

De esta manera, la fuerza necesaria para traccionar el arado se puede determinar mediante la Ecuación 2.3.

$$F_x = \mu * p * A.C * 100 \quad (Ec. 2.3)$$

Siendo:

$$\mu = \text{Coeficiente de labranza} \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^2} \right].$$

$$p = \text{Profundidad de trabajo [m].}$$

$$A.C = \text{Ancho de corte del implemento [m].}$$

Con los valores ya obtenidos de:

$$\mu = 83 \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^2} \text{ (aproximadamente VER ANEXO B)}$$

$$p = 0,3\text{m}$$

$$A.C = 1,44\text{m.}$$

<sup>3</sup> Ortiz Cañabate J, Las máquinas agrícolas y su aplicación. 1980. 1ª edición. Madrid. Cap 3. Pág. 67.  
Reemplazamos en la Ecuación 2.3; obteniendo:

$$F_x = 83 * 0,3 * 1,44 * 100$$

$$F_x = 3585,6\text{Kg}$$

Finalmente la potencia necesaria para traccionar nuestro arado la determina mediante la Ecuación 2.4.

$$H = \frac{F_x * V}{76} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Siendo:

$F_x$  = Fuerza necesaria para traccionar el implemento [Kg].

$V$  = Velocidad teórica de trabajo  $\left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$  (tabulada en el ANEXO A).

Con los valores ya obtenidos de:

$$F_x = 3585,6 \text{ Kg.}$$

$$V = 1,944 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right].$$

Reemplazamos en la Ecuación 2.4; obteniendo:

$$H = \frac{3585,6 * 1,944}{76}$$

$$H = 91,72 \text{ HP}$$

De los resultados obtenidos, podemos deducir que este implemento puede ser utilizado sin ningún contratiempo por cualquier tipo de tractor, siempre que este se encuentre en un rango de potencia a partir de los 100HP.

## **2.2 DISEÑO DEL MECANISMO DE GIRO.**

### **2.2.1 FUNCIONES DEL MECANISMO DE GIRO.**

El mecanismo de volteo, en un arado reversible, permite girar de forma simétrica el bastidor del arado una vez acabada la vezada correspondiente con el fin de voltear la tierra en sentido contrario, de manera que los prismas de tierra queden siempre al mismo lado.

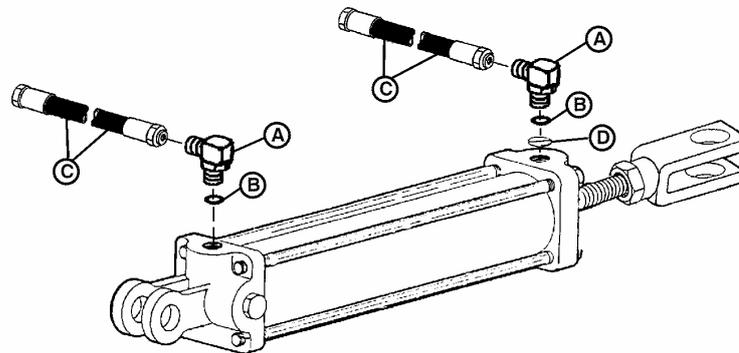
El accionamiento que será hidráulico, contará específicamente de un cilindro de doble efecto que al acortarse y alargarse arrastra el bastidor del arado que gira sobre un eje vertical. En el trayecto se producirán dos etapas, en la primera el tractor a de mandar aceite a presión para vencer la resistencia generada por el peso de los cuerpos del arado. Durante la segunda etapa una válvula invierte el sentido de entrada del aceite; de esta manera el volteo se lleva a cabo de forma suave y continua. El volteo automático se verifica por si mismo al levantar el arado en los extremos de la parcela.

### **2.2.2 SELECCIÓN DEL CILINDRO HIDRÁULICO:<sup>4</sup>**

El trabajo efectivo del mecanismo, se lo realiza a través del cilindro hidráulico de doble efecto; ilustrado en la figura 2.2.

Entran tuberías en sus dos extremos. El líquido en ellas esta de tal manera controlado por la palanca de control del cilindro hidráulico, que si se inyecta en una de los extremos queda en libertad de salir por el otro. Como la presión se puede aplicar en los dos extremos del pistón, puede moverse con potencia en ambos sentidos.

<sup>4</sup> Esta sección fue tomada de la página de Internet “www.Sapiensman.com” Titulada ELECCION DEL CILINDRO ADECUADO. Publicada en Enero del 2007.



*Figura. 2.2. Esquema del cilindro hidráulico: A) Codos adaptadores, B) Arosellos, C) Mangueras, D) Reductor de flujo de aceite*

### **2.2.2.1 REQUISITOS PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE CILINDROS HIDRÁULICOS.**

Un cilindro debe ser dimensionado para tener un empuje mayor que el requerido para contrarrestar la carga.

La selección adecuada de un cilindro depende principalmente de los siguientes parámetros:

- a) Disponibilidad de espacio donde acopla el cilindro.
- b) Longitud de recorrido de la varilla del pistón.
- c) Presión de operación del sistema.
- d) Velocidad de operación del cilindro.

El monto de sobredimensionamiento, esta gobernado por la velocidad deseada para ese movimiento; cuando mayor es la sobredimensión mas rápida va a realizarse la carrera bajo carga.

Sin embargo, se sugiere aplicar la siguiente regla para usos generales:

Cuando la velocidad de desplazamiento no es importante, seleccione un cilindro con una fuerza de empuje en 25% superior a lo necesario.

### **2.2.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO.**

El cilindro hidráulico a utilizar se muestra en la figura 2.3 y sus partes se detallan a continuación.



*Figura 2.3. Cilindro hidráulico*

#### **2.2.2.2.1 DATOS TÉCNICOS:**

<b>Serie</b>	P00635X001000
<b>Diámetro del cilindro</b>	3in.
<b>Diámetro del vástago</b>	1,5 in.
<b>Longitud del recorrido</b>	231 mm.

### 2.2.2.3 POTENCIA REQUERIDA PARA ACCIONAR EL CILINDRO HIDRÁULICO.

La potencia necesaria para conseguir que el mecanismo de reversión del arado, por medio del cilindro hidráulico gire hacia la derecha en su carrera de arrastre o hacia la izquierda en su carrera de empuje, se la puede determinar por medio de la Ecuación 2.5.

$$H_p = 0,6 * \frac{Q * P}{1000} \quad (Ec. 2.5)$$

Siendo:

$H_p$  = Potencia requerida para accionar el cilindro [HP].

$Q$  = Capacidad de salida de la bomba [gal/min.].

$P$  = Presión de trabajo (presión disponible del tractor) [PSI].

Con los valores ya conocidos de:

$$Q = 35,2 \frac{l}{min} \quad (9,387 \frac{gal}{min}).$$

$$P = 18 \text{ MPa} \quad (2610,663 \text{ PSI}).$$

Reemplazamos en la Ecuación 2.5, obteniendo:

$$H_p = 0,6 * \frac{9,387 * 2610,663}{1000}$$

$$H_p = 14,704 \text{ HP}$$

#### 2.2.2.4 FUERZA DE EMPUJE DEL CILINDRO.

El fluido actuando sobre la cara anterior o posterior del pistón provoca el desplazamiento de este a largo de la camisa y transmite su movimiento hacia afuera a través del vástago.

El desplazamiento hacia adelante y atrás del cilindro se llama "carrera". La presión ejercida por el fluido hidráulico sobre el pistón se manifiesta sobre cada unidad de superficie del mismo.

La fuerza ejercida sobre el elemento de trabajo depende de la presión del fluido, del diámetro del cilindro y del rozamiento de las juntas. La fuerza teórica del émbolo se calcula con la ecuación 2.6.

$$F_T = A * P \quad (Ec. 2.6)$$

Siendo:

$F_T$  = Fuerza teórica del émbolo [lb].

$A$  = Superficie del émbolo [ $in^2$ ].

$P$  = Presión de trabajo (presión disponible del tractor) [PSI].

En la práctica es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio se puede considerar que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a 20% de la fuerza teórica calculada.

El avance del cilindro está determinado por la ecuación 2.6a:

$$F_n = A * P - F_R \quad (Ec. 2.6a)$$

El retorno del cilindro está determinado por la ecuación 2.6b:

$$F_n = A' * P - F_R \quad (\text{Ec. 2.6b})$$

El área total del pistón está determinada por las Ecuación 2.7.

$$A = \frac{D^2 * \pi}{4} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

El área neta es el área total del pistón menos el área del vástago y está determinada por la Ecuación 2.8.

$$A' = \frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Siendo:

$F_n$  = Fuerza efectiva o real del émbolo [lb].

$A$  = Área total del pistón [ $\text{in}^2$ ].

$A'$  = Área neta del pistón [ $\text{in}^2$ ].

$P$  = Presión de trabajo [PSI].

$F_R$  = Fuerza de rozamiento [lb].

$D$  = Diámetro del émbolo [in].

$d$  = Diámetro del vástago [in].

Con los valores ya conocidos de:

$D$  = 3 in.

$d$  = 1,5 in.

$P$  = 18 MPa (2610,663 PSI).

$F_R$  = 10% (valor intermedio).

Reemplazamos en la Ecuación 2.7, obteniendo:

$$A = \frac{(3)^2 * \pi}{4}$$

$$A = 7,07 \text{in}^2$$

Los mismos valores anteriores reemplazamos en la Ecuación 2.8, para obtener el área neta del pistón.

$$A' = \frac{[(3)^2 - (1,5)^2] * \pi}{4}$$

$$A' = 5,30 \text{in}^2$$

Sustituyendo el área total en la Ecuación 2.6, tenemos la fuerza teórica de avance del cilindro:

$$F_T = 7,07 * 2610,663$$

$$F_T = 18457,39 \text{lb}$$

En tanto que sustituyendo el área neta en la Ecuación 2.6, la fuerza teórica durante la carrera de retorno del cilindro es:

$$F_T = 5,30 * 2610,663$$

$$F_T = 13836,51 \text{lb}$$

La fuerza por rozamiento significa el 10% de la fuerza teórica calculada por lo que durante el avance y retorno del cilindro respectivamente tenemos:

$$F_R = 18457,39 * 0,10$$

$$F_R = 1845,739\text{lb}$$

$$F_R = 13836,51 * 0,10$$

$$F_R = 1383,651\text{lb}$$

En tales circunstancias, reemplazando en la ecuación 2.6a, obtenemos la fuerza de avance del cilindro:

$$F_n = (7,07 * 2610,663) - 1845,739$$

$$F_n = 16611,65\text{lb}$$

Del mismo modo, reemplazando en la Ecuación 2.6b, obtenemos la fuerza de retorno del cilindro:

$$F_n = (5,30 * 2610,663) - 1383,651$$

$$F_n = 12452,86\text{lb}$$

#### **2.2.2.5 VELOCIDAD DE AVANCE DEL CILINDRO.**

Dado que el volumen de aceite contenido en la parte delantera del cilindro y desalojado por el pistón en su carrera de avance, llenará sobre el lado de la cara ciega un volumen equivalente al volumen total desplazado por el cilindro en su carrera de avance, respetando al mismo, el volumen ocupado por el vástago. Por tal causa, cuando el cilindro está cumpliendo su movimiento de avance, la bomba solamente necesitará suministrar precisamente el volumen del vástago.

Por lo dicho, para calcular la velocidad de avance del cilindro cuando el mismo se encuentra bajo una acción regenerativa, se emplea la Ecuación 2.9.

$$v = \frac{Q}{A} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Siendo:

$v$  = Velocidad de avance del cilindro [cm/min.].

$Q$  = Capacidad de salida de la bomba [cm<sup>3</sup>/min.].

$A$  = Área del cilindro [cm<sup>2</sup>].

Con los valores ya conocidos de:

$$Q = 35,2 \frac{\text{l}}{\text{min}} \quad (35200 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}).$$

$$A = 45,604 \text{ cm}^2.$$

Reemplazamos en la Ecuación 2.9, obteniendo:

$$v = \frac{35200}{45,604}$$

$$v = 771,862 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = \left( 128,64 \frac{\text{mm}}{\text{seg}} \right)$$

#### 2.2.2.6 TIEMPO DE OPERACIÓN DEL CILINDRO.

Es el tiempo durante el cual el cilindro realiza su carrera de trabajo, llegando a alcanzar su máximo recorrido, pasando de esta manera de una posición inicial a otra final.

El tiempo de operación del cilindro, está determinado por la Ecuación 2.10.

$$T = \frac{60 * f_B}{Q} \quad (Ec. 2.10)$$

Siendo:

T = Tiempo de operación del cilindro [seg.].

f<sub>B</sub> = flujo de la bomba [l].

Q = Capacidad de salida de la bomba [l/min.].

Con los valores ya conocidos de:

$$Q = 35,2 \frac{l}{min} .$$

$$f_B = 281 .$$

Reemplazamos en la Ecuación 2.10, obteniendo:

$$T = \frac{60 * 28}{35,2}$$

$$T = 47,73 \text{ seg}$$

## **2.2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL MECANISMO DE REVERSIÓN:**

### **2.2.3.1 VELOCIDADES.**

Para su análisis cinemático, el mecanismo fue representado en forma simplificada, lo que constituye su esquema, el mismo que se detalla en el PLANO 2 Con toda la información geométrica necesaria para determinar los movimientos relativos de los eslabones.

Para determinar las velocidades de los eslabones se empleó el método gráfico de las velocidades relativas, el mismo que se resume mediante la Ecuación 2.11.

$$\mathbf{Velocidad} = \mathbf{Componente\ de\ traslación} + \mathbf{Componente\ de\ rotación} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Para realizar el análisis cinemático, partimos por el extremo del mecanismo del cual obtenemos información, en tal circunstancia se considera la Ecuación 2.11a, relacionando los puntos A y B que representan al eslabón 2 (cilindro hidráulico).

$$\mathbf{V}_B = \mathbf{V}_A + \mathbf{V}_{B-A} \quad (\text{Ec. 2.11a}).$$

En donde las dos incógnitas son la magnitud y la dirección del vector diferencia de velocidad  $\mathbf{V}_{B-A}$ . En la figura 2.4 se muestra la solución gráfica de la ecuación. Los vectores velocidad se representan a una escala de 1:10, trazamos los vectores  $\mathbf{V}_A$  y  $\mathbf{V}_B$  partiendo de un origen común en las direcciones especificadas. El vector que se extiende entre los puntos  $\mathbf{V}_A$  y  $\mathbf{V}_B$  es el vector diferencia de velocidad  $\mathbf{V}_{B-A}$  y es correcto, dentro de los límites de exactitud de la gráfica, tanto por lo que respecta a su magnitud como a su dirección.

La dirección del vector  $\mathbf{V}_B$ , podemos determinarla a partir de la Ecuación 2.12; relacionando los puntos  $O_2$  y B los mismos que son parte del eslabón 3 (bastidor de discos).

$$\mathbf{V}_B = \mathbf{V}_{O_2}^{\rho} + \mathbf{V}_{B-O_2} \quad (\text{Ec. 2.12}).$$

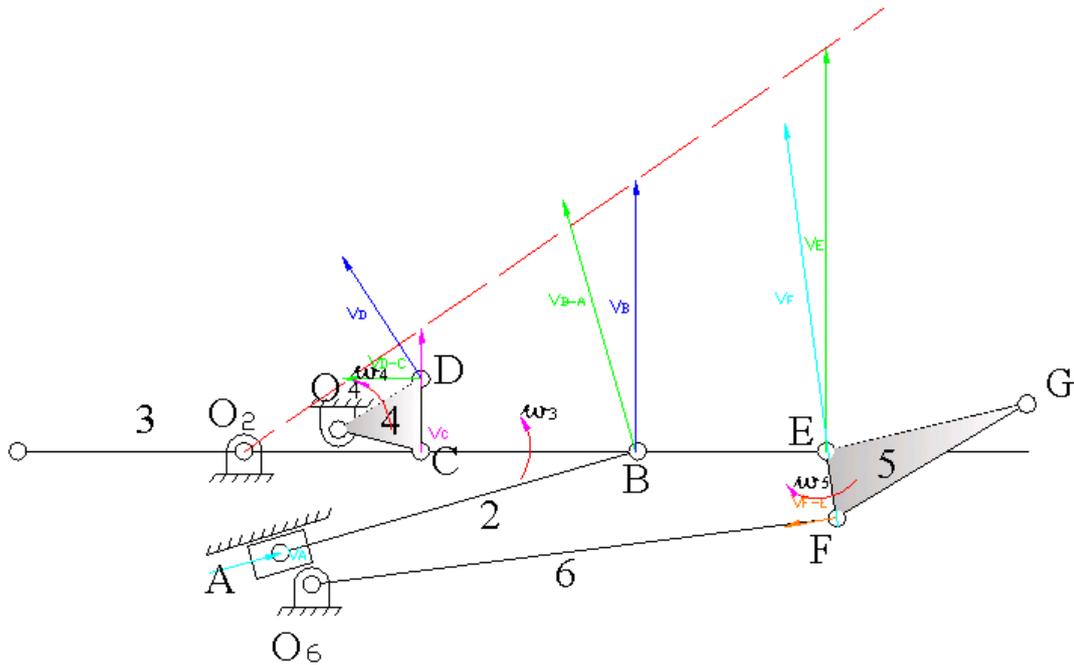


Figura. 2.4. Velocidades del Mecanismo de Reversión.

Con los valores ya conocidos de:

$$v_A = 128,64 \frac{\text{mm}}{\text{seg}} \quad (\text{CONSTANTE})$$

$$v_{B-A} = 456,39 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

Reemplazamos en la ecuación 2.11a, obteniendo:

$$v_B = 474,76 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

La velocidad angular del bastidor de discos, representado en la figura 2.4 por el eslabón 3, se determina por medio de la Ecuación 2.13a.

$$\omega_3 = \frac{v_B}{O_2 - B} \quad (\text{Ec. 2.13a}).$$

Con los valores ya conocidos de:

$$V_B = 474,76 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

$$O_2-B = 682,6 \text{ mm}$$

Reemplazamos en la ecuación 2.13a, obteniendo:

$$\omega_3 = \frac{474,76}{682,6}$$

$$\omega_3 = 0,696 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Una vez que hemos obtenido la velocidad angular del bastidor de discos (eslabón 3), podemos determinar las velocidades  $V_C$  y  $V_E$  por medio de las Ecuaciones 2.14a y 2.14b respectivamente.

$$V_C = \omega_3 * O_2 - C \quad (\text{Ec. 2.14a}).$$

$$V_E = \omega_3 * O_2 - E \quad (\text{Ec. 2.14b}).$$

Con los valores ya obtenidos de:

$$\omega_3 = 0,696 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$O_2-C = 307 \text{ mm}$$

$$O_2-E = 1009,9 \text{ mm}$$

Reemplazamos en las Ecuaciones 2.14a y 2.14b, obteniendo:

$$V_C = 0,696 * 307$$

$$V_C = 213,672 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

$$V_E = 0,696 * 1009,9$$

$$V_E = 702,890 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

Del mismo modo, la velocidad de reversión de la rueda guía, la podemos determinar por medio de la Ecuación 2.11b:

$$\mathbf{V}_F = \mathbf{V}_E + \mathbf{V}_{F-E} \quad (\text{Ec. 2.11b}).$$

Se utiliza el punto E como punto de referencia para hallar  $\mathbf{V}_F$  debido a que E se encuentra en el mismo eslabón que F. se conocen tanto la magnitud y dirección de  $\mathbf{V}_E$  como la dirección de  $\mathbf{V}_F$ .

El término  $\mathbf{V}_{F-E}$  representa la velocidad de F con respecto a E. como el eslabón E-F es rígido, el punto F no puede acercarse o alejarse al punto E sin que se contraiga o alargue el eje rígido; por consiguiente, la dirección de  $\mathbf{V}_{F-E}$  debe ser perpendicular a la línea E-F como se muestra en la figura 2.4.

Con los valores ya conocidos de:

$$V_E = 702,89 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

$$V_{F-E} = 91,45 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

Reemplazamos en la ecuación 2.11b, obteniendo:

$$v_F = 694,66 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

La velocidad angular del eslabón 5, se calcula con la ecuación 2.13b.

$$\omega_5 = \frac{v_F}{E-F} \quad (\text{Ec. 2.13b}).$$

Con los valores ya conocidos de:

$$v_F = 694,66 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

$$E-F = 147,35 \text{ mm}$$

Reemplazamos en la ecuación 2.13b, obteniendo:

$$\omega_5 = \frac{694,66}{147,35}$$

$$\omega_5 = 5,455 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Finalmente es posible resolver para  $V_D$ , el eslabón 4 que nos permite determinar la velocidad de reversión de los discos empleando la Ecuación 2.11c.

$$V_D = V_C + V_{D-C} \quad (\text{Ec. 2.11c}).$$

Con los valores ya conocidos de:

$$v_C = 213,672 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

$$v_{D-C} = 136,1 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

Reemplazamos en la ecuación 2.11c, obteniendo:

$$v_D = 253,99 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

La velocidad angular del eslabón 4, se calcula con la ecuación 2.13c.

$$\omega_4 = \frac{v_D}{O_4 - D} \quad (\text{Ec. 2.13c}).$$

Con los valores ya conocidos de:

$$v_D = 253,99 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

$$D-O_4 = 168,788 \text{ mm}$$

Reemplazamos en la ecuación 2.13c, obteniendo:

$$\omega_4 = \frac{253,99}{168,788}$$

$$\omega_4 = 1,505 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

### 2.2.3.2 FUERZAS.

“Un mecanismo debe entregar tanto trabajo como recibe; por lo tanto la fuerza que actúa en cualquier punto, multiplicada por la velocidad en la dirección de dicha fuerza debe ser igual a la fuerza que actúa en cualquier otro punto multiplicada por la velocidad en dicho punto”<sup>5</sup>; lo dicho se resume mediante la Ecuación 2.15:

$$\frac{\mathbf{F}}{\mathbf{P}} = \frac{\mathbf{v}_P}{\mathbf{v}_F} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Siendo:

F = Fuerza que actúa sobre el mecanismo.

P = Fuerza resultante en cualquier punto del mecanismo.

V<sub>F</sub> = Velocidad del punto donde se aplica la fuerza.

V<sub>P</sub> = Velocidad del punto donde se desea conocer la fuerza.

La fuerza necesaria para conseguir que los discos adopten un ángulo de ataque igual a 50° al momento en el que el arado ha efectuado la acción de reversión, está determinada por la ecuación 2.15a

---

<sup>5</sup> AVALLONE y BAUMEISTER III. Manual del Ingeniero Mecánico. 2002.9ª edición. México. Cap 8, pág 3.

$$\mathbf{F}_D = \frac{\mathbf{F}_n * \mathbf{V}_A}{\mathbf{V}_D} \quad (\text{Ec. 2.15a})$$

Del mismo modo, la fuerza necesaria para conseguir la reversión de la rueda guía, está determinado por la ecuación 2.15b

$$F_F = \frac{F_n * V_A}{V_F} \quad (\text{Ec. 2.15b})$$

Siendo:

$F_n$  = Fuerza efectiva o real del émbolo [lb].

$V_A$  = Velocidad de empuje del cilindro Hidráulico  $\left[ \frac{\text{mm}}{\text{s}} \right]$ .

$F_D$  = Fuerza de reversión de los discos [lb].

$V_D$  = Velocidad de reversión de los discos  $\left[ \frac{\text{mm}}{\text{s}} \right]$ .

$F_D$  = Fuerza de reversión de la rueda guía [lb].

$V_F$  = Velocidad de reversión de la rueda guía  $\left[ \frac{\text{mm}}{\text{s}} \right]$ .

Con los valores ya conocidos de:

$$F_n = 16611,65 \text{ lb.}$$

$$V_A = 128,6 \frac{\text{mm}}{\text{s}}. \quad (\text{CONSTANTE}).$$

$$V_D = 253,99 \frac{\text{mm}}{\text{s}}.$$

$$V_F = 694,66 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

En tales circunstancias, reemplazando en la ecuación 2.15a, obtenemos:

$$F_D = \frac{16611,65 * 128.6}{253,99}$$

$$F_D = 8410,80 \text{ lb}$$

Del mismo modo, reemplazando en la Ecuación 2.15b, obtenemos:

$$F_F = \frac{16611,65 * 128,6}{694,66}$$

$$F_F = 3075,26\text{lb}$$

## 2.2.4 SELECCIÓN DE COJINETES.<sup>6</sup>

### 2.2.4.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE COJINETE.

Existen diferentes tipos de cojinetes en función de la aplicación:

- a) *Cojinetes longitudinales*: el cojinete solo soporta al eje de la línea de carga.
- b) *Cojinetes de guía*: en este tipo de cojinete se reparte mejor la carga. Normalmente, esta es menor que en los cojinetes de eje. Su superficie interior suele tener surcos para distribuir el lubricante y liberar presiones.
- c) *Cojinetes de empuje*. Estos cojinetes acomodan el movimiento axial de un eje que rota.

---

<sup>6</sup> Esta sección se tomó del libro “Elementos de Máquinas” escrito por KARL HEINZ DECKER. 10<sup>a</sup> edición. 1985. Bilbao. Cap 5. Pág. 257-263.

Para nuestra aplicación, y, debido a la amplia utilización en la fabricación de implementos agrícolas, nos hemos decidido por los cojinetes de guía; los mismos que de desempeñan de muy buena manera para dichas aplicaciones.

### 2.2.4.2 JUEGO ENTRE EL EJE Y EL COJINETE (S).

Es la diferencia real entre el diámetro interior del cojinete y el diámetro del eje. Para alcanzar igual capacidad portante con diversas velocidades de deslizamiento, en la

práctica se sugiere los siguientes valores de S en función de la velocidad a las que trabaja:

a) Abajo de las 600rpm:  $S = 0,002 + 0,001d.$

b) Sobre de las 600rpm:  $S = 0,002d.$

Para nuestro caso, el mecanismo de reversión va a trabajar a velocidades inferiores a las 600rpm; por la que para encontrar el juego entre el eje y el cojinete empleamos la Ecuación 2.16:

$$S = 0,002 + 0,001d \quad (Ec. 2.16)$$

Siendo:

d = Diámetro del eje [in].

Con el valor ya conocido de:

d = 60mm (2,36in).

Reemplazamos en la Ecuación 2.16, obteniendo:

$$S = 0,002 + 0,001*(2,36)$$

$$S = 0,00436in$$

#### 2.2.4.3 ESPESOR MÍNIMO DE LA PELÍCULA ( $h_a$ ).

Determina el acercamiento más cerrado entre las superficies del eje y del cojinete. El acercamiento más cerrado permisible depende del grado de acabado de las superficies, se lo puede determinar mediante la Ecuación 2.17:

$$h_a = 5,75\mu\text{m} * \left( \frac{R_a}{\mu\text{m}} \right)^{0,75} \quad (\text{Ec. 2.17})$$

Siendo:

$R_a$  = Aspereza superficial de las superficies (Ver ANEXO C).

Debido a que ambas superficies serán sometidas al mismo tipo de maquinado, asumimos que las rugosidades son iguales en las dos superficies, las mismas que se encuentran detalladas en el ANEXO C <sup>7</sup>.

Con los valores ya conocidos de:

$$R_a = 0,4 \mu\text{m}.$$

<sup>7</sup> KARL HEINZ DECKER. Elementos de Máquinas. 1985. 10ª Edición. Bilbao. Cap 5, Pág. 258.

Reemplazamos en la Ecuación 2.17, obteniendo:

$$h_a = 5,75\mu\text{m} * \left( \frac{0,4\mu\text{m}}{\mu\text{m}} \right)^{0,75}$$

$$h_a = 2,892\mu\text{m}$$

#### **2.2.4.4 PRESIÓN SUPERFICIAL MEDIA.**

Es la presión ejercida por la fuerza, sobre la superficie de proyección de las partes de sustentación del eje o del cojinete, y se expresa mediante la Ecuación 2.18.

$$P = \frac{F}{d * b} \quad (Ec. 2.18)$$

Siendo:

$$P = \text{Presión superficial media del cojinete} \left[ \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \right]$$

F = Fuerza del cojinete, en forma de esfuerzo radial [lb].

d = Diámetro del eje [in].

b = longitud del cojinete [in].

Con los valores ya conocidos de:

$$F_D = 8410,80 \text{ lb.}$$

$$d = 2,36 \text{ in.}$$

$$b = 10,63 \text{ in.}$$

Reemplazamos en la Ecuación 2.18, obteniendo la presión superficial media de los cojinetes de los ejes de los brazos porta-discos:

$$P = \frac{8410,80}{2,36 * 10,63}$$

$$P = 335,23 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

De forma similar, con los valores ya conocidos de:

$$F_F = 3075,26 \text{ lb.}$$

$$d = 2 \text{ in}$$

$$b = 10,63 \text{ in.}$$

Reemplazamos en la Ecuación 2.18, obteniendo la presión superficial media del cojinete que soporta al eje de la rueda guía.

$$P = \frac{3075,63}{2 * 10,63}$$

$$P = 149,28 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

#### **2.2.4.5 LUBRICACIÓN.**

El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre si de tal manera que no se produzca ningún tipo de desgaste o daño en ellas. Lo que se pretende es que el rozamiento en el proceso de deslizamiento sea lo más pequeño posible. Para conseguir esto se intenta, siempre que sea posible, que haya una película de lubricante de espesor suficiente entre las superficies en contacto para evitar el desgaste.

Dependiendo de si la película de lubricante es capaz de separar las superficies a lubricar, la lubricación puede ser de dos tipos:

- a) *Lubricación de película mixta:* cuando no se forma la película y las superficies no están completamente separadas, existiendo algún tipo de contacto metal-metal. Se pueden generar productos de descomposición del lubricante. Un caso típico es cuando se pone en marcha la máquina. Una parte de la grasa se va a mover con el eje y la otra va a permanecer más o menos estacionaria con el cojinete.

- b) *Lubricación hidrodinámica*: se forma la capa de lubricante con una presión suficiente como para poder separar las dos superficies a lubricar. Si se aumenta la velocidad puede llegarse a formar la capa de película del lubricante. Los cojinetes suelen tener surcos para permitir a la grasa acceder a todas las partes en la longitud del cojinete.

El espesor de película de lubricante sirve para definir los regímenes de lubricación principales. El rango para estos cuatro regímenes es:

- a) Lubricación hidrodinámica,  $5 \leq h_a \leq 100$
- b) Lubricación Elastohidrodinámica  $3 \leq h_a \leq 100$
- c) Lubricación parcial o mixta,  $1 \leq h_a \leq 5$
- d) Lubricación marginal,  $h_a = 1$

Como el espesor de la película  $h_a = 2,892 \mu\text{m}$ , se encuentra dentro del rango la lubricación del mecanismo de reversión del arado, será del tipo de película mixta.

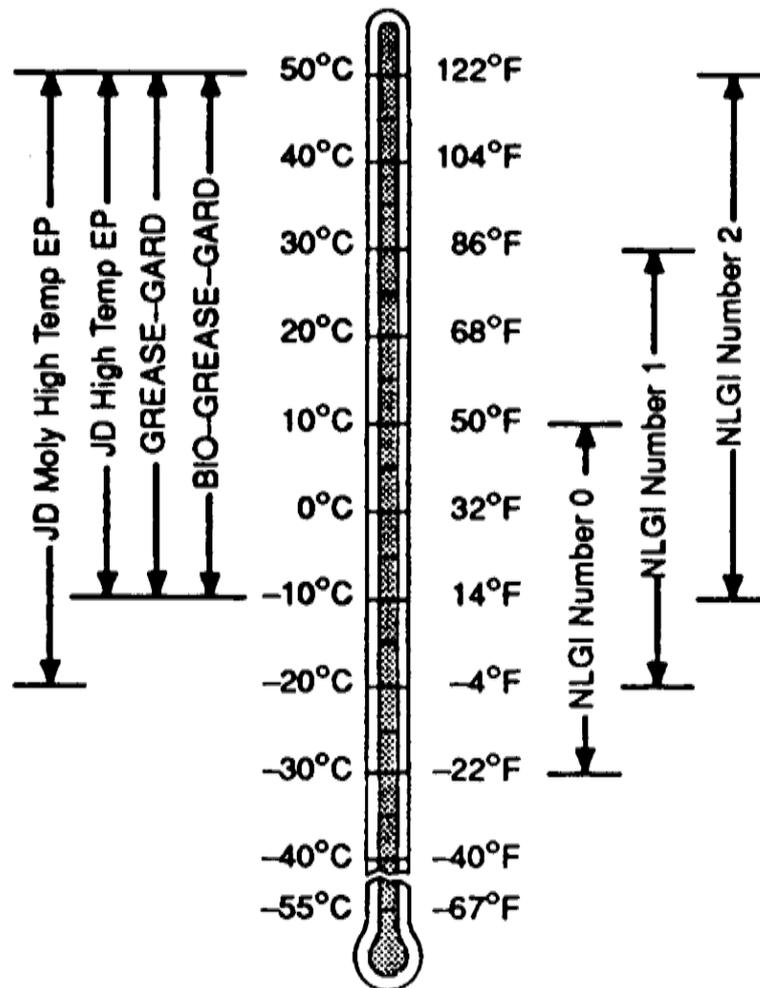
La lubricación de las máquinas ha cambiado mucho en los últimos años, no solo por la evolución de los lubricantes sino también por la utilización de los sistemas de engrase cada vez más sofisticados. El mercado de grasas y lubricantes no queda exento de cambios. Aparecen necesidades de lubricantes más exigentes, y se requieren grasas de mayor calidad para períodos de lubricación más largos.

Para nuestro caso, debido a que la velocidad de reversión del mecanismo es considerablemente baja, y en función de las temperaturas que puede haber en el intervalo hasta el siguiente cambio de grasa (figura 2.5), podemos utilizar preferentemente uno de los siguientes tipos de grasa de uso agrícola especialmente:

- a) Grasa John Deere Moly EP resistente al calor.

b) Grasa John Deere EP resistente al calor.

c) Grasa John Deere GRASE-GARD TM.



*Figura. 2.5. Escalas de temperatura operacional de las grasas de uso agrícola.*

Sin embargo, pueden también utilizarse otras grasas cuando cumplan la norma siguiente.

a) Grasa universal SAE EP con el 5% máximo de bisulfuro de molibdeno.

- b) Grasa universal SAE EP.

### 2.2.4.5.1 INTERVALOS DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Los intervalos de servicio recomendados están basados en condiciones normales de trabajo. Sin embargo, bajo condiciones severas o inusuales de trabajo puede requerir una lubricación más frecuente.

En la tabla II.2 ilustrada a continuación se ilustra los periodos de lubricación de los componentes más críticos del implemento.

**Tabla II.2 Intervalos de lubricación.**

<b>Elemento</b>	<b>Intervalo de lubricación (h)</b>
Eje de la rueda guía.	25 h.
Portadiscos.	25 h.
Bastidor de los discos.	25 h.
Mecanismo de reversión de la rueda guía.	25 h.
Cojinetes de la rueda guía.	25 h.
Ejes de los discos.	25 h.
Mecanismo de reversión de los discos.	25 h.
Discos.	Diariamente.
Cojinetes de los discos.	Diariamente.

FUENTE: John Deere. Combine Harvesting. Fundamentals of Machina Operations.

Resulta importante limpiar las graseras antes de lubricar. Reemplazar inmediatamente las graseras perdidas o quebradas. Si una graseras nueva no permite el paso de grasa, removerla y revisar si existe alguna falla en las partes cercanas.

## **2.3 SELECCIÓN DE LOS DISCOS.**

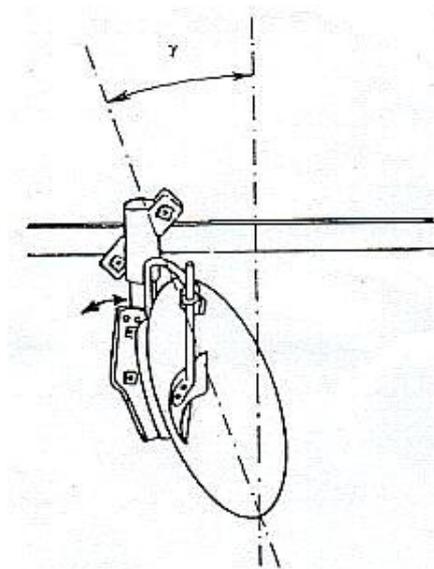
Los discos presentan dos ventajas importantes:

- a) Trabajan prácticamente sin gastarse, pues no se observa más que una escasa disminución del diámetro después de muchas horas de uso.
- b) No necesitan ser afilados.

### **2.3.1 ÁNGULO VERTICAL O DE PENETRACIÓN ( $\gamma$ ).**

Es la inclinación que puede dársele al disco con respecto a la vertical., se modifica variando la inclinación del soporte del disco en relación al brazo. Este, ángulo, varía entre 10° y 20°, al aumentar se mejora la penetración del disco en suelos adherentes y pesados que tienen tendencia a enrollarse bajo el borde de corte en el fondo del surco. Al disminuir el ángulo de inclinación, se mejora el trabajo del disco en suelos suelto.

“Cuanto más pequeño sea el ángulo de inclinación (discos más empinados) mayor es la presión del suelo, resultando una mayor velocidad de giro del disco, una mayor pulverización del suelo y un mejor corte y enterrado de rastrojo”<sup>8</sup>.



$$\gamma \leq 15^\circ$$

*Figura 2. 6. Regulación del ángulo de inclinación de un disco*

A > Verticalidad > Penetración y Viceversa.

A > Verticalidad < Volteo y Viceversa.

### **2.3.2 DIÁMETRO DEL DISCO.**

Los diámetros de discos más comunes en el país se encuentran entre 24" y 26". Los discos se especifican por dos números: diámetro y concavidad.

Ejemplo:

$$20'' - 2\frac{7''}{8}$$

Donde:

$20'' \rightarrow$  Diámetro.

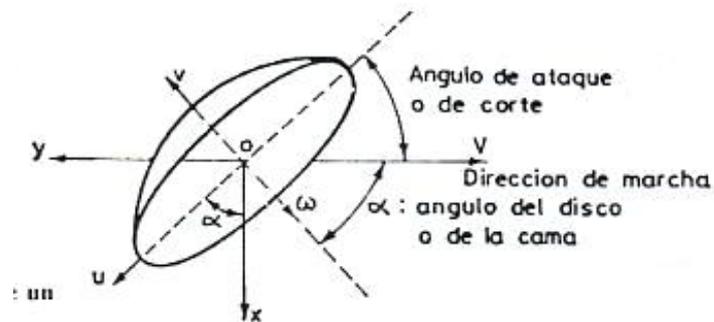
$2\frac{7''}{8} \rightarrow$  Concavidad.

A > Diámetro > Penetración.

A > Concavidad < Penetración > Volteo.

### 2.3.3 ÁNGULO DEL DISCO ( $\alpha$ ).

Es el ángulo que forma el disco con la dirección del movimiento. Es un ángulo horizontal.



$$40^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$$

Figura 2. 7. Ángulo del disco o de la cama.

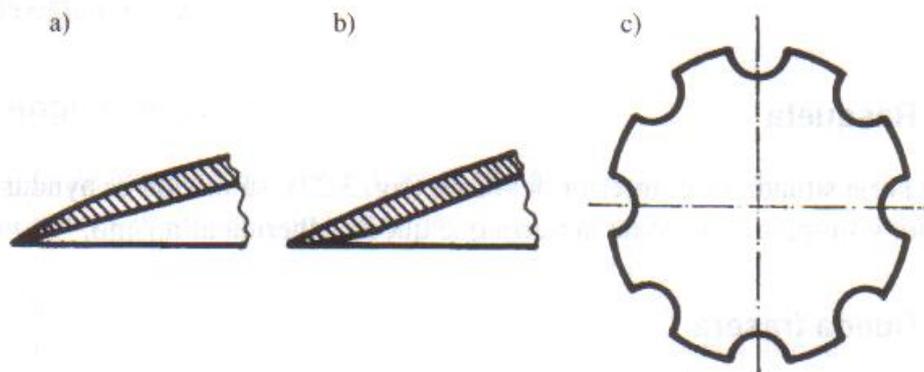
A > Angulo de Disco > Ancho de corte y Viceversa.

### 2.3.4 FILO DEL DISCO.

El borde de los discos presenta un ángulo de bisel de  $10^\circ$ , que facilita la penetración. Los discos se constituyen a partir de una chapa de acero laminada, la cual es troquelada, estampada y tratada térmicamente para conseguir mediante esta última operación la dureza superficial necesaria para evitar los posibles desgastes, sobre todo en el borde.

Si atendemos a la forma del borde, existen tres tipos:

- a) Liso con biselado exterior.
- b) Liso con biselado interior.
- c) Borde escotado.



*Figura 2. 8. Tipos de bordes de los discos: a) Biselado exterior; b) Biselado interior; c) Escotado*

### 2.6.5 SUPERFICIE DEL DISCO.

Dependiendo de las condiciones laborales a las que serán sometidos, los discos presentan dos configuraciones distintas en lo que respecta a su superficie, siendo estas:

- a). **Lisa.** Se utiliza en suelos secos y duros; además en suelos pesados con alto contenido de humedad.

b). *Estriada*. Se utiliza en suelos nuevos que se incorporan a la agricultura, ya que hay mucha presencia de obstáculos como troncos, piedras, etc.

### **2.6.6 SELECCIÓN DE LOS DISCOS.**

Luego de realizar el estudio correspondiente de los discos y teniendo en consideración los diferentes parámetros bajo los que se va a desempeñar el arado de discos reversible, se concluyó que el mismo estaría dotado con discos que dispongan las siguientes características:

<b>Tipo de superficie.</b>	Lisa
<b>Diámetro</b>	660mm (26 in)
<b>Espesor</b>	4,78mm (0,187 in)
<b>Filo</b>	Liso con biselado exterior
<b>Número de huecos</b>	4

### **2.6.7 AJUSTE HORIZONTAL DE LOS DISCOS.**

La constitución del mecanismo de reversión del arado está concebida de tal forma, que solo existe una única posición de ajuste horizontal de los discos con un ángulo de ataque de 50°.

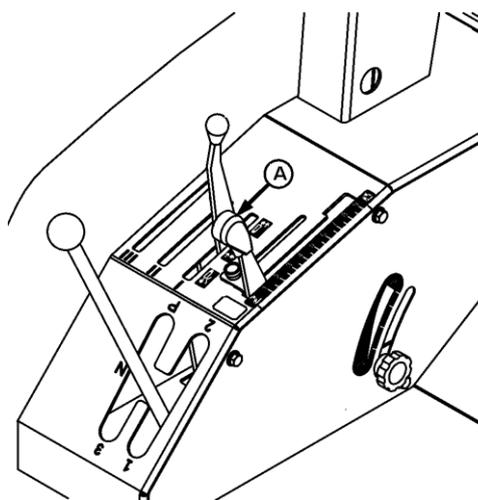


*Figura 2. 9. Mecanismo de reversión de los discos.*

#### **2.6.8 POSICIÓN DE LOS DISCOS.**

La posición para arar o dar reversión al arado es controlada por la palanca de control selectivo. Mover la palanca (A) hacia uno u otro lado para retraer o extender el cilindro, posicionando los discos hacia su derecha o hacia su izquierda.

Las palancas de control regresarán automáticamente a la posición neutral, después de que el cilindro llegue al final de su recorrido.



*Figura. 2.10. Caja de controles: A) Palanca de control del cilindro.*

## **2.7 POSICIONES DE LA RUEDA GUÍA.**

La rueda trasera, invierte su posición automáticamente en el momento en el que se aplica la reversión a los discos. En ese momento es cuando esta gira hacia uno u otro lado.



*Figura. 2.11. Mecanismo de reversión de la rueda guía.*

### **2.4.1 AJUSTE DE LA ALTURA E INCLINACIÓN DE LA RUEDA GUÍA.**

Antes de empezar a trabajar, debe de asegurarse que la altura de la rueda trasera este ajustada aproximadamente al tipo de terreno en que va a operar el arado.

“Para condiciones normales, el filo en la parte inferior de la rueda guía deberá estar aproximadamente 12,7 mm ( $\frac{1}{2}$  in) más abajo del filo inferior de los discos, la rueda guía deberá dejar una marca bien definida en el fondo del surco”<sup>9</sup>.

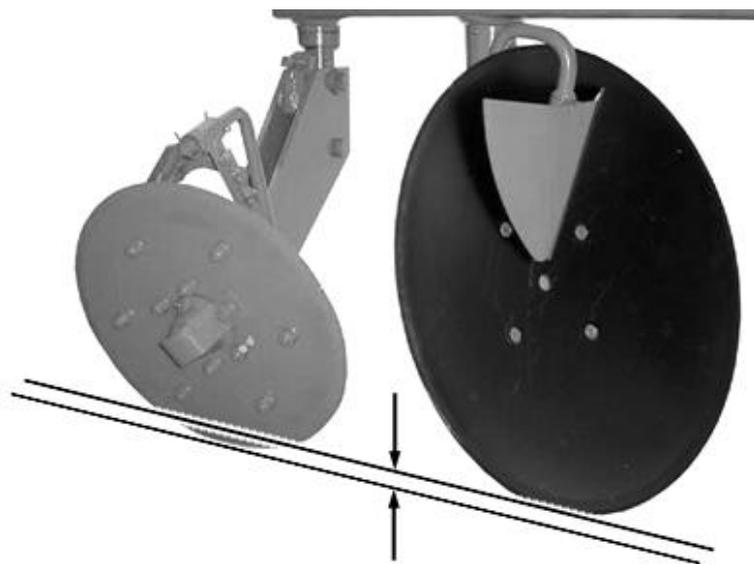
En tierra suelta o arenosa puede ser necesario ajustar la rueda guía más abajo, para disminuir la profundidad de corte, o para mejorar el apoyo de la rueda guía.

En tierra dura puede ser necesario ajustar la rueda guía más arriba.

---

<sup>9</sup> JOHN DEERE. Manual del Usuario. Arado SERIE 645. 2005. México. Pág. 38.

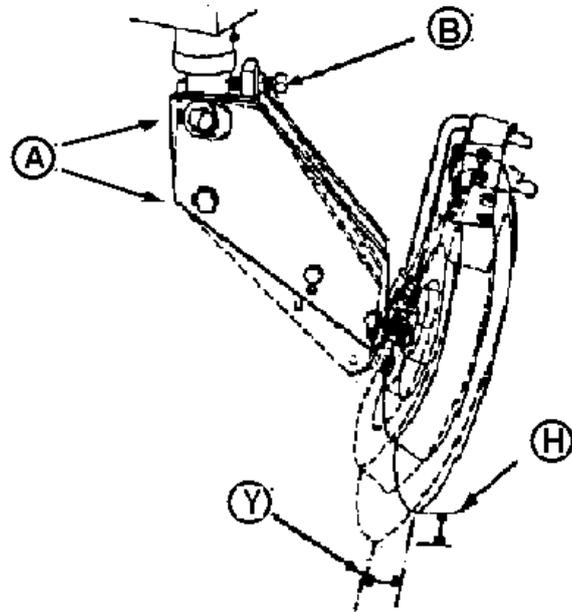
Podemos controlar el ajuste de la rueda guía colocando una cinta métrica o un cordón en el primer disco y pasarla por la parte inferior de los demás discos para determinar la altura.



*Figura. 2.12. Altura de la rueda guía.*

Cuando se considere ajustar la rueda guía, se procederá a aflojar los tornillos de las placas de sujeción de la rueda (B). Girar el tornillo de ajuste (A) hacia la derecha o hacia la izquierda para bajar o subir respectivamente la rueda.

Los ajustes de altura (H) e inclinación (I) de la rueda guía se logran simultáneamente. Para ajustar, girar el tornillo de ajuste (B) hacia uno u otro lado según se quiera hasta lograr el ajuste deseado.



*Fig. 2.13. Ajuste de altura e inclinación de la rueda guía*

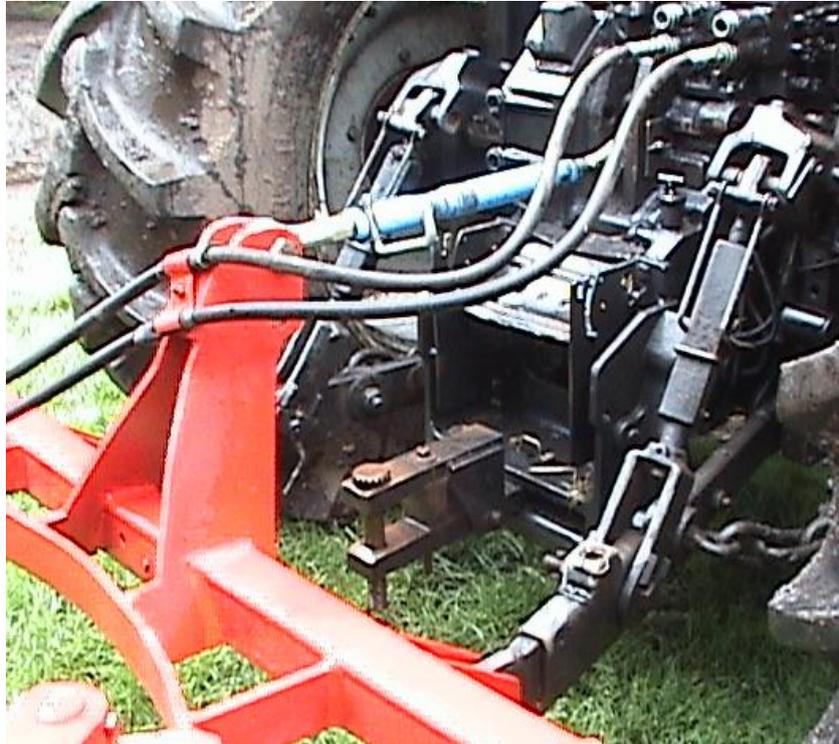
## **2.8 MANGUERAS Y CONEXSIONES.**

Son mangueras de alta presión tejidas de fibra, hule y metal. Su resistencia a los reventones es mucho mayor que la que requieren para trabajar.

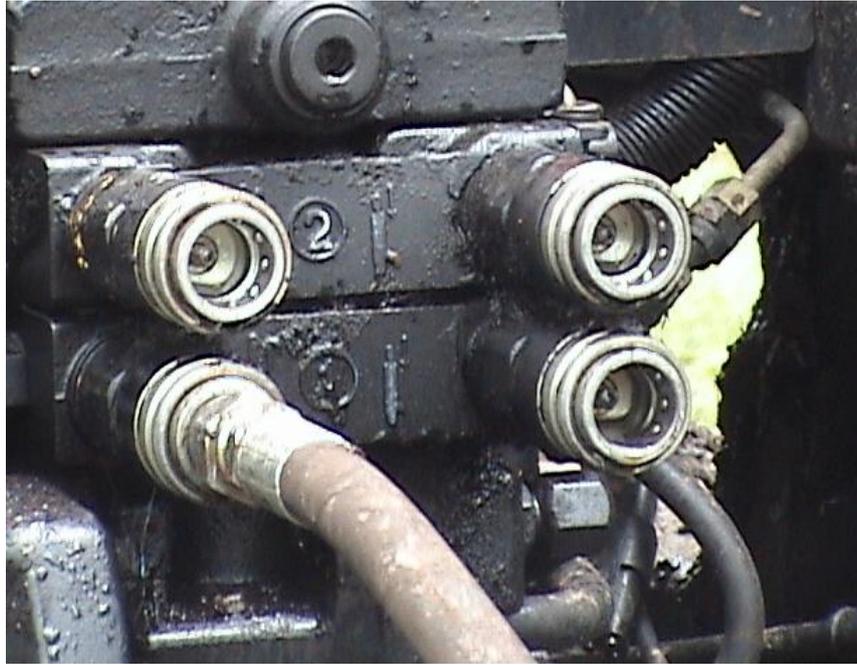
Están diseñadas y fabricadas con tolerancias precisas a fin de satisfacer las demandas de resistencia y flexibilidad críticas de los actuales y potentes sistemas hidráulicos (5000, 10000, 20000, 30000 hasta 40000 PSI), dependiendo de la aplicación.

Como la presión del sistema hidráulico de nuestro tractor oscila en 2610,533 PSI, y por la disponibilidad en el mercado local, creemos que es la opción más acertada seleccionar las mangueras que son capaces de soportar presiones de hasta 5000 PSI las mismas que no significaran inconveniente alguno para el normal desenvolvimiento del mecanismo de reversión del arado.

La vida útil de las mangueras varía con la calidad y su resistencia a la presión, su flexibilidad, la presión a la que trabaja, la frecuencia de dobleces y la manera en como se encuentran instaladas.



*Figura. 2.14. Soporte de las mangueras.*

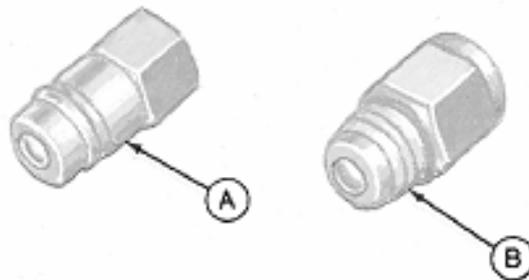


*Figura. 2.15. Caja de acoples Rápidos del tractor.*

## 2.9 COPLES.

Todo tractor esta equipado con válvulas de control selectivo que acepte un conector estándar, para nuestro caso, y por su disponibilidad en el mercado local se cree conveniente tomar en cuenta el tipo de acople recomendado por ISO <sup>10</sup> y SAE <sup>11</sup>.

Estos conectores permiten un mayor flujo y por lo tanto reducen el tiempo de operación del cilindro. Se recomienda que los conectores del implemento sean convertidos a tipo ISO (A).



*Figura. 2.16. Coples: A) Cople de Manguera ISO, B) Cople de Manguera John Deere.*

---

<sup>10</sup> International Organization for Standardization.

<sup>11</sup> Society of Automotive Engineers.

### **III. CONSTRUCCIÓN DEL ARADO.**

#### **3.1 MONTAJE Y MANEJO DE MATERIALES.**

Para la optimizar el tiempo y los gastos en la construcción del proyecto hemos optado por aplicar diagramas de operación de proceso.

Los diagramas de operación de procesos muestran todo el manejo, inspección, operaciones, almacenaje y retrasos que ocurren con cada componente durante la construcción del proyecto.

Se emplean símbolos convencionales para describir los pasos del proceso. Estos símbolos han sido adoptados por todas las organizaciones profesionales que realizan estudios de tiempos y movimientos.

##### **3.1.1 OPERACIÓN ( O ).**

Tiene lugar una operación cuando se altera intencionadamente un objeto en cualquiera de sus características físicas o químicas, cuando es montado en otro o desmontado, o cuando se dispone o prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. También tiene lugar una operación, cuando se da o recibe información o cuando se hace un cálculo o planeamiento.

### **3.1.2 INSPECCIÓN ( ).**

Tiene lugar una inspección cuando se examina un objeto para su identificación o se verifica en cuanto a calidad o cantidad en cualquiera de sus características.

### **3.1.3 TRANSPORTE ( ).**

Tiene lugar un transporte cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, salvo cuando el movimiento forma parte de la operación o es originado por el operario en el puesto de trabajo durante una operación o una inspección.

### **3.1.4 ALMACENAJE ( ).**

Tiene lugar un almacenaje cuando se guarda o protege un objeto de forma que no se puede retirar sin la correspondiente autorización.

### **3.1.5 RETRASO ( **D** ).**

Tiene lugar una demora cuando las circunstancias, excepto las inherentes al proceso, no permiten la ejecución inmediata de la acción siguiente, conforme a lo planeado.

### **3.1.6 ACTIVIDAD COMBINADA**

Cuando se desea indicar actividades realizadas a la vez, o por el mismo operario, en el mismo puesto de trabajo, se combinan los símbolos correspondientes a estas

actividades. Por ejemplo el círculo colocado dentro del cuadrado representa una combinación de operación e inspección.

### **3.2 ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO.**

Con la elaboración de este diagrama podemos conocer los puntos en que se manipulan los materiales y se los trabaja en el proceso, así también conocemos el orden de las inspecciones que se realizaron y de todas las operaciones que se hicieron en la construcción del proyecto, además puede contener información necesaria como el tiempo requerido la situación de cada paso.

Como todo diagrama su fin es el de disminuir las demoras, estudiar las operaciones, para eliminar el tiempo improductivo, así como dar una imagen clara de toda la secuencia de acontecimientos en el proceso.

Estudiar las fases del proceso en forma sistemática. Disminuye el tiempo requerido en cada operación en planta y optimiza el manejo de materiales y materia prima.

TABLA DE SECUENCIA DE TRABAJO												
■ METODO ACTUAL    □ METODO PROPUESTO											N° 01	
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE : Construcción Del Bastidor Principal												
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Corte De La Plancha De Acero Y Ensamblaje Del Bastidor Principal												
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO			DIFERENCIA		ANALISIS				
	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO						
<input type="radio"/> Operación												
<input type="checkbox"/> Inspección												
<input type="checkbox"/> Transporte												
<input type="checkbox"/> Almacenamiento												
<input type="checkbox"/> Retraso												ESTUDIADO POR:
DISTANCIA RECORRIDA												
PASOS	DETALLES DEL PROCESO		operación	transporte	inspección	retraso	almuerzo	distancia	cantidad	tiempo	NOTAS	
1	Se toma de la bodega		●	⇒	□	D	✓					
2	Se la lleva hasta el lugar de trabajo		○	⇒	□	D	✓					
3	Se toma y se traza las medidas		●	⇒	□	D	✓					
4	Se trae la suelda autógena		○	⇒	□	●	✓					
5	Se corta la plancha		●	⇒	□	D	✓					
6	Se espera que se enfríen las planchas		○	⇒	□	●	✓					
7	Verificación de la medidas		○	⇒	■	D	✓					
8	Cambio de herramienta		○	⇒	□	●	✓					
9	Se une las planchas a escuadra		●	⇒	□	D	✓					
10	Se coloca puntos de suelda		●	⇒	□	D	✓					
11	Se comprueba que este bien alineado		○	⇒	■	D	✓					
12	Se suelda el total de las planchas (6011)		●	⇒	□	D	✓					
13	Se verifica la unión de las planchas		○	⇒	■	D	✓					
14	Se refuerza los cordones de suelda (7013)		●	⇒	□	D	✓					
15	Se verifica el trabajo		○	⇒	■	D	✓					
16	En espera de otras operaciones		○	⇒	□	D	▼					

TABLA DE SECUENCIA DE TRABAJO											
<input checked="" type="checkbox"/> METODO ACTUAL <input type="checkbox"/> METODO PROPUESTO										N° 02	
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE :Acondicionamiento Del Bastidor De Discos											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Construir y Colocar Los Cojinetes											
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANALISIS				
	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO					
<input type="radio"/> Operación											
<input type="checkbox"/> Inspección											
<input type="checkbox"/> Transporte											
<input checked="" type="checkbox"/> Almacenamiento											
<input type="checkbox"/> Retraso										ESTUDIADO POR:	
DISTANCIA RECORRIDA											
PASOS	DETALLES DEL PROCESO										NOTAS
	operación	transporte	inspección	retraso	almacenamiento	Distancia	Cantidad	Tiempo			
1	Se toma de la bodega	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
2	Se lleva hasta el lugar de trabajo	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
3	Se toma y se traza las dimensiones de los cojinetes	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
4	Se coloca en el torno	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
5	Se realiza las adecuaciones en los cojinetes	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
6	Se verifica las medidas	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
7	Se trae la suelda autógena	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
8	Se realiza la perforación sobre el bastidor	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
9	Se verifica las perforaciones	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
10	Cambio de herramienta	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
11	Se coloca cojinete a escuadra	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
12	Se coloca puntos de suelda (6011)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
13	Verificamos que este a escuadra	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
14	Se suelda el total de las planchas (6011)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					

15	Reforzamos el cordón de suelda (7013)	●	⇒	□	D	∇				
16	Se verifica el trabajo realizado	○	⇒	■	D	∇				
17	En espera de otras operaciones	○	⇒	□	D	∇				

TABLA DE SECUENCIA DE TRABAJO												
■ METODO ACTUAL		□ METODO PROPUESTO		N° 03								
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE :Ensamble De Los Cuerpos De Los Discos												
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Montaje Y Calibración De Los Discos												
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANALISIS					
	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO						
○ Operación												
□ Inspección												
⇒ Transporte												
∇ Almacenamiento												
D Retraso										ESTUDIADO POR:		
DISTANCIA RECORRIDA												
PASOS	DETALLES DEL PROCESO			operación	transporte	inspección	retraso	almacenamiento	Distancia	Cantidad	Tiempo	NOTAS
1	Se toma de la bodega			●	⇒	□	D	∇				
2	Se lleva hasta el lugar de trabajo			○	⇒	□	D	∇				
3	Se realiza un engrase previo			●	⇒	□	D	∇				
4	Se coloca los rodamiento			●	⇒	□	D	∇				
5	Se arma cabezal porta-discos			●	⇒	□	D	∇				
6	Se verifica los ajustes			○	⇒	■	D	∇				
7	Cambio de herramienta			○	⇒	□	●	∇				
8	Se coloca los discos			●	⇒	□	D	∇				
9	Se verifica los ángulos			○	⇒	■	D	∇				
10	Se comprueba que este bien colocado			○	⇒	■	D	∇				
11	Cambio de herramienta			○	⇒	□	●	∇				
12	Se toma el taladro			○	⇒	□	●	∇				
13	Se realiza las perforación sobre los eje de cada brazo			●	⇒	□	D	∇				
14	Se verifica la alineación de las perforaciones			○	⇒	■	D	∇				
15	Se instala los cuerpo			●	⇒	□	D	∇				
16	Se asegura los cuerpos al bastidor de discos			●	⇒	□	D	∇				
17	Se verifica el trabajo realizado			○	⇒	■	D	∇				
18	En espera de otras operaciones			○	⇒	□	D	∇				

TABLA DE SECUENCIA DE TRABAJO											
<input checked="" type="checkbox"/> METODO ACTUAL <input type="checkbox"/> METODO PROPUESTO										N° 04	
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE :Montaje Del Cilindro Hidráulico											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Colocar El Cilindro Hidráulico											
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO				DIFERENCIA		ANALISIS		
	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO			
<input type="radio"/> Operación											
<input type="checkbox"/> Inspección											
<input type="checkbox"/> Transporte											
<input type="checkbox"/> Almacenamiento											
<input type="checkbox"/> Retraso											ESTUDIADO POR:
DISTANCIA RECORRIDA											
PASOS	DETALLES DEL PROCESO										NOTAS
			operación	transporte	inspección	retraso	almacenamiento	distancia	cantidad	tiempo	
1	Se toma de la bodega										
2	Se lleva hasta el lugar de trabajo										
3	Se toma y se traza el lugar en el que se va a colocar el elemento										
4	Se coloca los soportes										
5	Se suelda el total de los soportes (6011)										
6	Se verifica la posición de los soportes										
	Se refuerza los cordones de suelda (7013)										
7	Verificamos el trabajo										
8	Se asegura el cilindro										
9	Se verifica los seguros										
10	Cambio de herramienta										
11	Se coloca los adaptadores										
12	Se los fija bien										
13	Tomamos de la bodega las mangueras										
14	Se realiza las conexiones										
15	Se verifica las conexiones										
16	Se comprueba que funcionen correctamente										
17	En espera de otras operaciones										

### 3.3 ENSAMBLE:

Antes de proceder a ensamblar el implemento resulta de vital utilidad tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. Lubricar todas las partes móviles de manera que se muevan libremente.
2. Dejar los tornillos flojos hasta que las piezas se encuentren completamente ensambladas. Luego apretar a las torsiones indicadas en las “Tablas de Torsión para Tortillería” (ANEXO G <sup>1</sup>). es importante que los tornillos queden firmemente apretados, los tornillos flojos pueden ocasionar roturas de las piezas.

### **3.3.1 BASTIDOR PRINCIPAL Y BASTIDOR DE LOS DISCOS:**

1. Utilizar una grúa de cadena (tecle) y levantar el bastidor principal.
2. Mantener el bastidor principal en posición elevada por medio de soportes en la parte trasera y delantera del mismo.
3. los soportes deberán tener una altura mínima de 870mm (34 in).
4. Girar la manivela del mecanismo de reversión de la rueda guía hacia la derecha.

---

<sup>1</sup> [www.akron.com.ar](http://www.akron.com.ar).



*Figura. 3.1. Bastidor Principal y Bastidor de Discos.*

### **3.3.2 MONTAJE DE LOS DISCOS EN LOS PORTA - DISCOS:**

1. Instalar los discos sobre los porta – discos.
2. Apretar las tuercas firmemente.



*Figura. 3.2. Montaje de los Discos.*

### 3.3.3 MONTAJE DEL CILINDRO HIDRAULICO:

1. Asegúrese que el cilindro remoto esté ensamblado adecuadamente para un buen funcionamiento del arado, asegúrese que con el vástago contraído la distancia entre centros de fijación sea de 515 mm.
2. Verificar que con el vástago extendido la distancia entre centros de fijación sea de 755mm.



*Figura. 3.3. Montaje del Cilindro Hidráulico.*

### 3.3.4 TOPES DE HULE:

Los topes de hule, deberán estar colocados correctamente en su lugar. Se recomienda cambiarlos cada temporada, para garantizar su buen funcionamiento.



*Figura. 3.4. Topes de Hule.*

### **3.4 PROCEDIMIENTO DE UTILIZACIÓN DEL IMPLEMENTO:**

#### **3.4.1 TRANSPORTE DEL ARADO CON SEGURIDAD.**

1. Transporte el Arado a una velocidad máxima de 16 km/h.
2. Asegúrese de utilizar el cinturón de seguridad si su Tractor cuenta con protector contra vuelcos.
3. Reduzca la velocidad cuando transporte el Arado sobre terrenos irregulares.
4. Siempre transporte el Arado a una velocidad que le permita un adecuado control de mando y paro.
5. Utilice los contrapesos delanteros requeridos en el Tractor para una buena estabilidad y operación eficiente.

### **3.4.2 ANTES DE OPERAR EL ARADO.**

Realizar los siguientes procedimientos antes de operar el arado:

1. Revisar que las mangueras y las conexiones del cilindro hidráulico estén en buenas condiciones.
2. Asegurarse que las mangueras del cilindro hidráulico no cuelguen por debajo del bastidor principal. Colocarlas en los soportes diseñados para este fin.
3. Asegurarse que no haya objetos sobre el arado y el tractor.
4. Con el arado enganchado al tractor, elevar el arado lentamente y asegurarse que no haya interferencia alguna. Después vuelva a bajar el arado.
5. Asegurarse que los brazos de levante y el brazo central estén ajustados correctamente.
6. Revisar que la tornillería esté debidamente ajustada.
7. Revisar que no haya piezas flojas, dañadas o extraviadas. Apretar o reponer según sea necesario.
8. Lubricar el arado como se muestra en la Sección de Lubricación y Mantenimiento.
9. Colocar la palanca de control de carga y profundidad en la posición media.
10. Asegurarse que el mecanismo de reversión y nivelación del arado funcionen correctamente.
11. Asegurarse que los topes de hule del arado estén instalados correctamente.

### **3.4.3 ASENTAMIENTO DEL ARADO.**

Después de que el arado ha entrado en el campo, realizar los ajustes finales como sigue:

1. Nivelar longitudinalmente el arado ajustando el brazo central del tractor para que los discos penetren a una profundidad uniforme.
2. Manejar el tractor en línea recta hacia un punto fijo sin mirar hacia atrás para lograr un surco inicial recto.
3. Después de completar el primer surco, comenzar un segundo surco bajando el arado al lado del surco inicial. Avanzar unos cuantos metros y detener el tractor.
4. Nivelar el arado longitudinalmente. El disco delantero nunca deberá cortar más profundo que el disco trasero.
5. Revisar el ángulo de dirección de la rueda trasera, la cual deberá apuntar ligeramente hacia la tierra arada.
6. Como una revisión final, inspeccionar el arado y comprobar que los ajustes mencionados anteriormente estén hechos correctamente.
7. Después de algunas horas de operación, volver apretar todos los tornillos para evitar roturas de las piezas.

### **3.4.4 PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD AL OPERAR EL ARADO.**

Para ayudar a prevenir cualquier tipo de incidentes durante la jornada de trabajo es importante tener en cuenta los aspectos siguientes:

1. Nunca operar el arado cuando otras personas estén cerca de la máquina.

2. Antes de activar la máquina, bajarla al nivel del suelo.
3. Bajo la mayoría de las condiciones, la velocidad de operación recomendada es de 7 km/h.
4. Cuando las condiciones del suelo hacen necesario bajar la velocidad del tractor, cambiar a una velocidad más baja en la transmisión en lugar de reducir las revoluciones del motor. El motor mantendrá su velocidad rango y mantendrá al arado a una velocidad óptima.
5. Operar la máquina únicamente desde el asiento del operador.
6. Bajar la velocidad al dar la vuelta o al estar trabajando en condiciones de suelo difíciles.
7. Evitar pozos al operar en superficies inclinadas. Esto puede ocasionar la volcadura del tractor.
8. Al terminar de operar el tractor, colocar el freno de estacionamiento y la transmisión en la posición de ESTACIONAMIENTO, apagar el Tractor y remover la llave antes de bajar del tractor.
9. Utilizar el cinturón de seguridad si su tractor cuenta con un protector contra vuelcos (ROPS).

### **3.5 PRUEBAS.**

Se realizaron las siguientes pruebas para verificar el correcto funcionamiento del proyecto.

Los ítems que fueron considerados para las pruebas se evaluaron en una extensión de una hectárea (10.000m<sup>2</sup>) bajo condiciones normales de funcionamiento del implemento, y se detallan en la tabla III. 1.

Además es de vital importancia dar a conocer que: EL LADO DERECHO y el LADO IZQUIERDO, se determinan mirando en el sentido de avance del equipo.

*Tabla III.1 Pruebas de Funcionamiento del Implemento.*

<i>SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO.</i>	<i>POSICIÓN DEL IMPLEMENTO.</i>	
	<i>DERECHA.</i>	<i>IZQUIERDA.</i>
Ancho de Corte	1,50 m.	1,50 m.
Angulo de Ataque de los Discos.	50°	50°
Inclinación del Bastidor de Discos.	27°	27°
Profundidad de Trabajo.	14”	14”
Tiempo de Accionamiento del Cilindro Hidráulico.	10 seg	10 seg
Distancia desde el Centro de la Rueda Guía al Filo del Disco Inmediato.	11,2 cm	11,9cm
Inclinación de la Rueda Guía.	15°	15°
Tiempo de Reversión de la Rueda Guía.	10 seg	10 seg

### **3.6 RESULTADOS**

1. Las longitudes de los brazos de levante deben ser las mismas para condiciones normales, caso contrario, ya sea para arar más profundo o más superficialmente, puede ser necesario un leve aumento o reducción de dichas longitudes.
2. El implemento demuestra una mayor eficiencia en el campo, los tiempos perdidos en la operación determinados principalmente por: el diseño del trabajo, los giros durante la labor; etc. quedan descartados.
3. Al completar la reversión del bastidor de discos hacia el lado izquierdo, la distancia del centro de la rueda guía al filo del disco inmediato deberá poseer

una tolerancia de 7 mm con respecto a esta distancia medida cuando el batidor de discos se encuentra hacia el lado derecho.

*Tabla III.2 Longitud de las Conexiones de Levante.*

Longitud de loa Brazos de Levante.	589 mm (23 in).
Longitud del Brazo Central.	523 mm (20 in).

La capacidad teórica efectiva de un conjunto tractor - implemento, toma en cuenta el tiempo trabajado y depende del ancho operativo real del implemento y de la velocidad real de trabajo; siendo posible determinarlo mediante la Ecuación 3.1.

$$CTE = \frac{A \cdot C_{real} * V_{real} * 1000 \left( \frac{m}{Km} \right)}{10000 \left( \frac{m^2}{ha} \right)} \quad (Ec. 3.1)$$

Siendo:

$A \cdot C_{real}$  = Ancho de corte en el campo del implemento [m].

$V_{real}$  = Velocidad real de trabajo  $\left[ \frac{m}{Km} \right]$ .

Con los valores medidos de:

$A \cdot C_{real}$  = 1,50 m.

$V_{real}$  =  $6 \frac{m}{Km}$

Reemplazamos en la Ecuación 3.1; obteniendo:

$$CTE = \frac{1,50 * 6 * 1000}{10000}$$

$$CTE = 0,9 \frac{ha}{h}$$

Para determinar la eficiencia de campo del conjunto tractor – implemento se determina a través de la Ecuación 3.2.

$$\mathbf{Ef. de Campo} = \frac{CTE}{CTT} \quad (Ec 3.2).$$

Con los valores medidos de:

$$CTT = 1,008 \frac{ha}{h} .$$

$$CTE = 0,9 \frac{ha}{h}$$

Reemplazamos en la Ecuación 3.2; obteniendo:

$$Ef.de Campo = \frac{0,9}{1,008}$$

$$Ef.de Campo = 89,29 \%$$

## **IV. ANALISIS ECONÓMICO.**

### **4.1 COSTOS.**

“El costo es la suma expresada en moneda de las erogaciones producidas para atraer a los factores de la producción hacia la producción de un bien o a la prestación de un servicio”<sup>1</sup>.

#### **4.1.1 PERSONALES.**

**Tabla IV.1 Personal**

<b>#</b>	<b>POSICIÓN</b>	<b>[ h ]</b>	<b>[USD/h]</b>	<b>TOTAL</b>
1	Estudiante	320	3,00	960,00
TOTAL 1				960,00

#### **4.1.2 MISCELÁNEOS.**

**Tabla IV.2 Misceláneos**

<b>MATERIALES</b>	<b>[USD]</b>
Suministros de oficina	200,00
Transportación	150,00
TOTAL 2	350,00

<sup>1</sup> R. Frank.. Costos y Administración de la maquinaria Agrícola. 1977. 4<sup>ta</sup> Edición. Madrid. Cap 25, pág 499.

#### **4.1.3 USO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS DE LABORATORIO**

Tabla IV.3 Uso de maquinaria y equipos de laboratorio

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>[ h ]</b>	<b>[USD/h]</b>	<b>TOTAL</b>
Uso de Maquinaria	60	15,00	900,00
Uso de Equipo	10	5,00	50,00
TOTAL 3			950,00

## 4.2 GASTOS.

“Los gastos son las erogaciones que se producen por servicios o bienes que se consumen durante el acto productivo”<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> R. Frank.. Costos y Administración de la maquinaria Agrícola. 1977. 4<sup>ta</sup> Edición. Madrid. Cap 25, pág 499.

**Tabla IV.4 Gastos del Proyecto**

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$ USD	VALOR TOTAL \$ USD
Cilindro hidráulico	1	400,00	400,00
Plancha negra de ½"	½	390,00	200,00
Manguera de presión (1")	6 mts.	6,00	36,00
Rodamientos	4	25,30	101,20
Rodamientos	4	16,75	67,00
Grasa	1	3,50	3,50
Acoples 3/16" (macho )	2	2,00	4,00
Acoples 3/16" (hembra )	2	2,00	4,00
Discos (26" de diametro)	4	67,00	268,00
Pernos para discos	16	2,74	43,52
Disco plano guía	1	24,00	24,00
Coples	2	19,00	38,00
Codos adaptadores	2	4,25	8,50
Graseros	20	0,35	7,00
TOTAL 4			1204,72

### 4.3 COSTO TOTAL DEL PROYECTO.

**Tabla IV.5 Total general**

TOTAL 1 + TOTAL 2 + TOTAL 3 + TOTAL 4	<b>\$ 3464,72</b>
---------------------------------------	-------------------

### 4.6 FINANCIAMIENTO.

El financiamiento del proyecto y los gastos económicos que implicaron las investigaciones, diseño y estudios fueron solventados de forma total y absoluta por el estudiante involucrado.

#### 4.5 COSTO OPERATIVO DEL IMPLEMENTO – ARADO<sup>3</sup>.

Las máquinas agrícolas son un bien de producción que, aunque físicamente sufren pocos cambios durante su vida útil, desde el punto de vista económico se consume durante el proceso de cultivar la tierra para obtener cosechas.

##### 4.5.1 COSTOS FIJOS.

Son aquellos que tienen un valor anual que no dependen del número de horas o hectáreas trabajadas durante el año. Se incurre en ellos por poseer la máquina, independientemente del uso.

##### 4.5.1.1 AMORTIZACIÓN (A).

La amortización es la valoración económica de la depreciación que sufre la máquina a lo largo del tiempo. La duración de una máquina se da en función del desgaste y de la obsolescencia de la misma.

Según ASAE (American Society of Agricultural Engineers) en el Mercado de máquinas agrícolas, para determinar los precios de maquinaria usada que tenga un número variable de años (Valor residual  $V_r$ ), se puede calcular a partir de la Ecuación 4.1.

<sup>3</sup> R. Frank.. Costos y Administración de la maquinaria Agrícola. 1977. 4<sup>ta</sup> Edición. Madrid. Cap 25, pág 507-516.

$$V_r = [C_1 - C_2 (1 - 0.5)^n - C_3 (1 - 0.5)^{n-1}] V_a \quad (Ec. 4.1)$$

Siendo:

$V_a$  = Valor de adquisición.

$n$  = Vida útil (obsolescencia) depende del tipo de máquina (Ver ANEXO D<sup>4</sup>)

$C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$  = Coeficientes cuyo valor concreto depende del tipo de máquina (Ver ANEXO E<sup>5</sup>).

$h$  = Número de horas de uso anual de la máquina.

La amortización anual de la máquina se puede determinar a través de la ecuación 4.2.

$$A = \frac{V_a - V_r}{n} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Siendo:

$V_a$  = Valor de adquisición.

$V_r$  = Valor residual al cabo de los  $n$  años de vida útil.

$n$  = Vida útil (obsolescencia) depende del tipo de máquina (Ver ANEXO D)

#### 4.5.1.2 INTERÉS (I).

Al adquirir una máquina, invertimos en ella una cantidad de dinero. El interés de eses dinero inmovilizado en una máquina representa un costo de la misma. Puede también considerarse como los intereses que se hubieran obtenido si ese dinero se hubiera invertido en otro negocio.

$$I = \frac{V_a - V_r}{2} * i \quad (\text{Ec. 4.3})$$

---

<sup>4</sup> Shell Argentina LTD. La maquinaria en el campo, su cuidado y conservación. 1953. 4<sup>ta</sup> edición . Buenos Aires.

<sup>5</sup> R. Frank.. Costos y Administración de la maquinaria Agrícola. 1977. 4<sup>ta</sup> Edición. Madrid. Cap 25, pág 506.

Siendo:

$V_a$  = Valor de adquisición.

$V_r$  = Valor residual al cabo de los n años de vida útil.

$i$  = Tasa de interés.

#### **4.5.1.3 ALOJAMIENTO (a).**

Para que el implemento se conserve en buenas condiciones de funcionamiento precisa que se le proteja de la intemperie, en los periodos en que no se utiliza, en el interior de un edificio que puede ser un simple cobertizo, u otro capaz de proporcionar una protección muy superior.

ASAE propone atribuir como costo de alojamiento un valor anual equivalente aproximadamente al 0,75% del precio de compra de la máquina. Por tanto, el costo anual de alojamiento de obtiene a través de la ecuación 4.4.

$$a = 0,0075 * V_a \quad (Ec. 4.4)$$

Siendo:

$V_a$  = Valor de adquisición.

Esta cantidad se considerará cada una de los años de vida de la máquina, aunque su valor en el mercado como máquina usada vaya disminuyendo, porque las necesidades de espacio para el alojamiento siempre serán las mismas.

#### **4.5.2 COSTOS VARIABLES.**

Son aquellos cuya cuantía anual depende del uso que se le haya dado a la máquina. Se incurre en ellos si se usa la máquina, pero no por poseerla.

##### **4.5.2.1 REPARACIONES Y MANTENIMIENTO (RM).**

Mantenimiento es el conjunto de servicios periódicos que hay que dar a las máquinas, los cuales son conocidos y previsibles, y los suele realizar el propio usuario. Reparaciones son los arreglos o sustituciones de elementos como consecuencia de averías esporádicas; no se sabe cuando ocurrirán, pero lo cierto es que a lo largo de su vida cada máquina necesitará ser reparada varias veces de averías de diversa consideración.

El costo de reparación y mantenimiento se lo obtiene a través de la ecuación 4.5 elaborada por la ASAE.

$$RM = CRM * V_a \quad (Ec. 4.5)$$

Siendo:

RM = Costo de reparación y mantenimiento.

$V_a$  = Valor de adquisición.

CRM = Coeficiente de reparación y mantenimiento, depende del tipo de máquina (Ver ANEXO F <sup>6</sup>).

#### **4.5.2.2 MANO DE OBRA (MO).**

Es el jornal de los operarios que trabajan con máquinas agrícolas, para nuestro caso la mano de obra significa un costo directo, debido a que el operador percibirá un sueldo mensual de 150 USD.

---

<sup>6</sup> Shell Argentina LTD. La maquinaria en el campo, su cuidado y conservación. 1953. 4<sup>ta</sup> edición . Buenos Aires.

#### **4.6 COSTO TOTAL (CT).**

El costo total de una máquina se puede expresar mediante la ecuación 4.6.

$$CT = CF + CV * h \quad (Ec. 4.6)$$

Siendo:

CF = Costos fijos.

CV = Costos variables.

h = Número de horas de uso anual de la máquina

El proyecto tiene un costo total de inversión de USD. 3423,52, valor que será considerado como el valor de adquisición ( $V_a$ ) del *arado de discos reversible*, además considerando la necesidad de preparación de suelos con este implemento en la Hacienda “Huananlin la Huerta”, se estima que el mismo tendrá una capacidad horaria anual (h) no superior a 400 horas anuales.

La tasa de interés anual se encuentra fijada en  $i = 14.5\%$

**Tabla IV.6. Costo Operativo del Arado de Discos Reversible.**

$V_r = [C_1 - C_2 (1+i)^{-0.5}] - C_3 (1+i)^{-2}] V_a$	Del ANEXO E:	$V_r = 1012,10$
	$C_1 = 0,738$ $C_2 = 0,051$	

	$C_3 = 0$ Del ANEXO D: $n = 15$ años	<b>USD.</b>
<b><i>COSTOS FIJOS:</i></b>		
$A = \frac{V_a - V_r}{n}$		<b>A = 163,51 USD</b> <b>/año</b>
$I = \frac{V_a - V_r}{2} * i$		<b>I = 177,81 USD</b> <b>/año</b>
$a = 0,0075 * V_a$		<b>a = 25,98 USD</b> <b>/año</b>
<b>M.O = mensualidad * 12</b>		<b>M.O = 1800,00</b> <b>USD /año</b>
<b><i>COSTOS VARIABLES:</i></b>		
$RM = CRM * V_a$	Del ANEXO F: CRM = 0,00015/h	<b>RM = 0,519USD</b> <b>/h /año</b>
<b><i>COSTO OPERATIVO TOTAL:</i></b>		
$CT = CF + CV * h$		<b>2375,18 USD</b> <b>/año</b>

#### **4.7 RECUPERACION DEL CAPITAL (RC).**

“La recuperación del capital (RC) es la cuota anual que hay que asignar para que, al final de la vida de la máquina, su suma equivalga a la suma del capital invertido y de los

intereses dejados de percibir”<sup>7</sup>. Este costo anual se determina por intermedio de la ecuación 4.7.

$$RC = (V_a - V_r) * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + V_r * i \quad (Ec. 4.7)$$

Siendo:

$V_a$  = Valor de adquisición.

$V_r$  = Valor residual al cabo de los n años de vida útil.

$i$  = Tasa de interés.

$n$  = Vida útil (obsolescencia) depende del tipo de máquina (Ver ANEXO D).

Con los valores ya conocidos de:

$V_a$  = 3423,52 USD.

$V_r$  = 1012,10 USD.

$i$  = 14,5 %.

$n$  = 15 años.

---

<sup>7</sup> www.infoagro.com

Reemplazamos en la Ecuación 4.7, obteniendo:

$$RC = (3423,52 - 1012,10) * \frac{0,145(1+0,145)^{15}}{(1+0,145)^{15} - 1} + 1012,10 * 0,145$$

$$RC = 556,018 \frac{USD}{Año}$$

La inversión inicial, se recuperará en su totalidad a los 6,22 años, es decir aproximadamente a los 6 años 3 meses.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **5.1 CONCLUSIONES.**

Al finalizar el presente estudio de investigación, y, con base en los datos que se obtuvieron en campo durante la evaluación del implemento y considerando los objetivos e hipótesis planteados en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

Se construyó y evaluó un mecanismo de reversión para un arado de discos con el fin que éste sea operable y funcional para diferentes aplicaciones en lo que tiene que ver con la preparación de suelos en el sector agrícola.

El arado de discos reversible tiene aplicación sobre cualquier tipo de terreno independiente de las características del mismo.

El mecanismo de reversión permite ser adaptado en implementos convencionales existentes en nuestro mercado.

Se seleccionó las alternativas más adecuadas, en el sistema mecánico.

El sistema de activación y protección seleccionado es muy versátil y económico.

Se construyó los elementos requeridos para realizar un proyecto de fácil manejo y para la utilización en campos de producción agrícola; demostrando que la tecnología nacional es suficiente para este tipo de trabajos.

Los costos de construcción son razonables para un equipo de estas características y prestaciones, lo que disminuyó los tiempos de mecanización de los campos; así como los costos que ello implica y su valor comercial para aumentar la demanda de este servicio.

### **5.2 RECOMENDACIONES.**

Revisar que el nivel del fluido hidráulico del tractor sea el adecuado y que se encuentre en buenas condiciones antes de poner en operación al implemento.

Es imprescindible dejar el sistema de suministro hidráulico sin presión antes de aflojar o desconectar cualquier tubería y asegurarse de que todas las conexiones y los racores estén bien apretados antes de proceder a aplicar la presión al sistema.

Mantener la distancia prudente con el lugar de trabajo al aplicar la reversión. Los discos pueden causar serias lesiones personales y cadentes.

Guardar normas de seguridad y familiarizarse con los procedimientos de mantenimiento antes de efectuar los trabajos.

Se debe efectuar un mantenimiento preventivo después de usos prolongados, para asegurar que el funcionamiento sea el óptimo del equipo.

#### **FUENTES BIBLIOGRAFICAS**

Gil Sierra, J. 1991. Historia de la maquinaria agrícola. IV: El Siglo XX. Máquinas y Tractores, MT. (1991):12:58-58-62.

International Harvester, General Export Catalog., 1925. Chicago, USA.

John Deere. Combine Harvesting. Fundamentals of Machine Operation. Ed. 1973.

Ortiz-Cañavate J. Las Máquinas agrícolas y su aplicación. 1ª edición, 1980.  
Editorial Mundi-Prensa. Madrid.

Moth, Resistencia de materiales. 3ra. Edición. México 1996.

Juan Carlos Gil Espinasa, Manual de mecánica Industrial, Tomo 1, España 1999.

“La maquinaria en el campo, su cuidado y conservación”, cuarta edición – Shell  
Argentina LTD, 1953, Buenos Aires - Editorial Talleres Gráficos Leo V. Gaffney

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Dibujo, segunda edición, Quito  
1981.

Revistas CREA

INTERNET:

[www.afat.org.ar](http://www.afat.org.ar)

[www.akron.com.ar](http://www.akron.com.ar)

[www.cuencarural.com](http://www.cuencarural.com)

[www.indec.mecon.gov.ar](http://www.indec.mecon.gov.ar)

[www.lanacionline.com](http://www.lanacionline.com)

[www.mainero.com.ar](http://www.mainero.com.ar)

[www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

[www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar)

[www.sagpya.mecon.gov.ar](http://www.sagpya.mecon.gov.ar)

[www.vassalli.com.ar](http://www.vassalli.com.ar)

[www.viarural.com.ar](http://www.viarural.com.ar)

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

## **VELOCIDADES DE TRABAJO TÍPICAS PARA DIVERSAS MÁQUINAS**

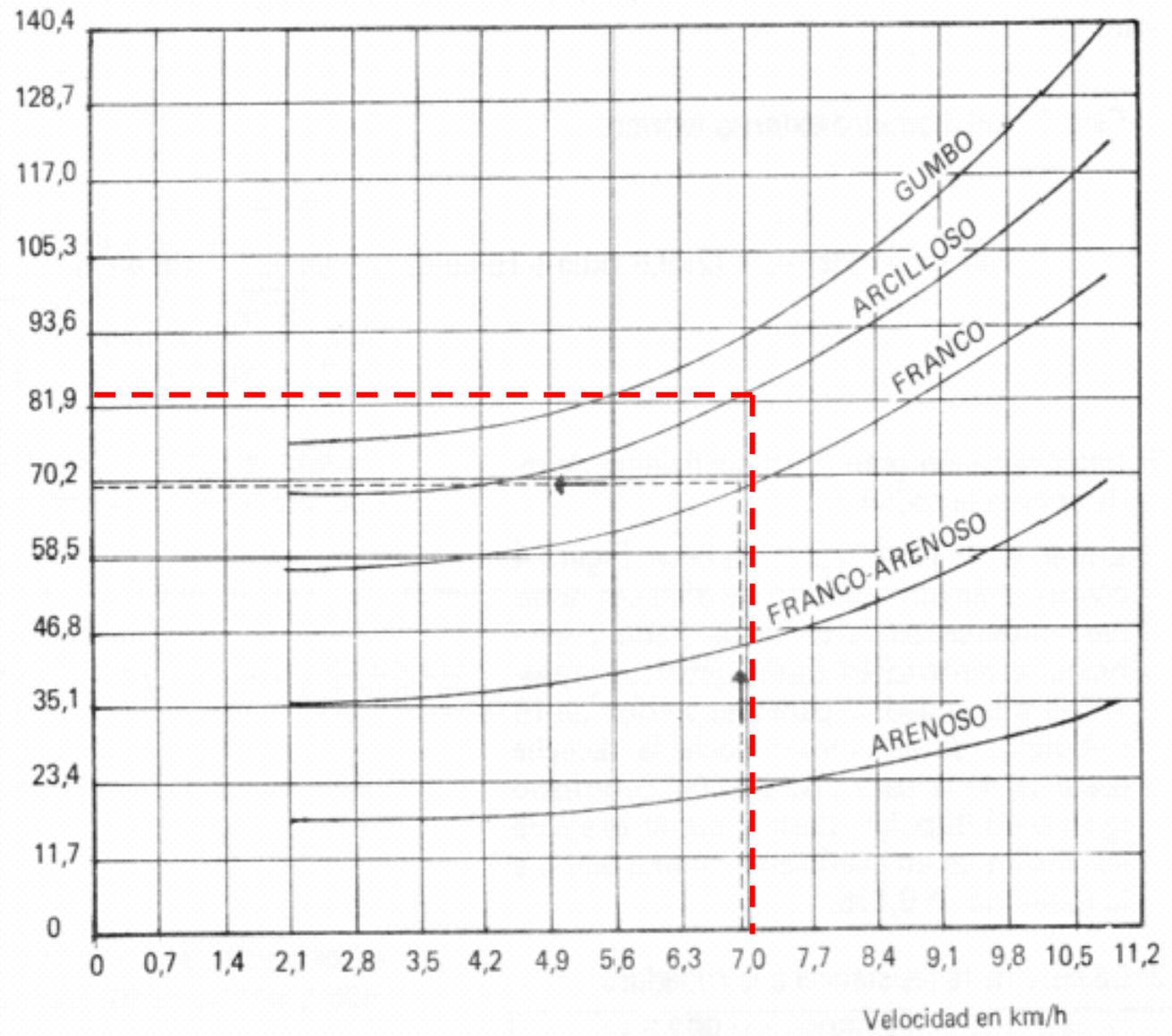
	<b>Intervalo (km/h)</b>	<b>Velocidad típica (km/h)</b>
<b>Laboreo:</b>		
Subsolador .....	4-8	6
Cultivador rotativo accionado .....	2-8	6
Cultivador en línea .....	5-11	8
Grada de discos .....	5-10	9
Arado (discos o vertedera) .....	5-9	7
Cilindro desterronador .....	7-12	10
Grada rotativa de estrellas .....	8-16	13
Cultivador de púas .....	8-13	11
Fresadora .....	2-7	5
<b>Abonado:</b>		
Abonadora centrífuga. ....	8-16	11
Distribuidor de estiércol .....	5-8	7
<b>Siembra:</b>		
A chorrillo .....	6-10	8
<b>Monograno:</b>		
Maíz .....	5-9	7
Resto, incluido horticolas .....	4-7	6
<b>Tratamientos:</b>		
Pulverizador .....	5-11	9
<b>Recolección:</b>		
Barra guadañadora .....	4-87	
Segadora rotativa .....	8-16	11
Segadora acondicionadora .....	6-10	8
Rastrillo .....	5-11	8
Hileradora .....	6-11	9
Picadora de cuchillas .....	4-7	6
Empacadora .....	5-10	8
Cosechadora de cereales grano .....	3-6,5	5
Cosechadora de remolacha .....	6-8	7
Cosechadora de patatas .....	3-6	4

(1) Del Anuario de la ASAE, modificado.

# **ANEXO B**

**COEFICIENTE DE LABRANZA PARA  
DIFERENTES TIPOS DE SUELOS EN  
FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE  
TRABAJO DEL IMPLEMENTO.**

Coefficiente de labranza  
en  $\text{kg}/\text{dm}^2$



# **ANEXO C**

**PROMEDIO ARITMÉTICO NORMAL  
DE LA ASPEREZA DE LA  
SUPERFICIE PARA VARIOS  
PROCESOS Y COMPONENTES DE  
MAQUINAS**

	Arithmetic average, Ra	
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{Plg}$
<b>Procesos</b>		
Vaciado en arena; laminado en caliente	12.5-25	500-1000
Cortado	3.2-25	128-1000
Planeado y formado	0.8-25	32-1000
Forjado	3.2-12.5	128-500
Perforado	1.6-6.3	64-250
Molido	0.8-6.3	32-250
Torno; barreno	0.4-6.3	16-250
Espitado; uniformado agrandado; rolado en frio; estirado	0.8-3.2	32-128
Fundido a presión	0.8-1.6	32-64
Molido, grueso	0.4-1.6	16-64
Molido, fino	0.1-0.4	4-16
Rectificado	0.03-0.4	1.2-16
Pulido	0.02-0.2	0.8-8
Lapidado	0.005-0.1	0.2-4
<b>Componentes</b>		
Engranés	0.25-10	10-400
Cojinetes simples - chumacera (rodillo de rodadura)	0.12-0.5	5-20
Cojinetes simples, cojinete (apoyo)	0.25-0.12	10-50
Cojinetes de rodillos - elementos rodantes	0.015-0.12	0.6-5
Cojinetes de rodillos, pistas	0.1-0.3	4-12

# **ANEXO D**

**VALORES DE DESGASTE Y  
OBSOLESCENCIA DE LAS  
MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Tabla 3: Valores de desgaste y obsolescencia de las maquinas agrícolas**

Máquina	Duración	
	Desgaste (h o Km)	Obsolescencia (años)
Motor diesel	15000 h	15
Motor nafta	10000 h	10
Motor eléctrico	30000 h	20
Tractor (rodado neumático)	12000 h	15
Tractor oruga	12000 h	15
Arado de rejas de arrastre	5000 h	15
Arado de rejas montado	5000 h	15
Arado de discos de arrastre	5000 h	15
Arado-rastra	5000 h	15
Subsolador de arrastre	5000 h	15
Subsolador montado	2500 h	15
Cinzel (escarificador) de arrastre [2]	5000 h	15
Cinzel (escarificador) montado [3]	5000 h	15
Cultivador de campo	3000 h	15
Vibrocultivador	3000 h	15
Cultivador sub-superficial (pie de pato)	3000 h	15
Fresadora de arrastre (rotovator)	5000 h	15
Fresadora de arrastre (rotovator)	5000 h	20
Rastra de discos de doble acción	5000 h	20
Rastra de discos excéntrica o pesada [4]	10000 h	20
Rastra de dientes	3000 h	15
Rastra rotativa (de eje horizontal)	5000 h	20
Rodillo (rolo) desterronador o acanalado	3000 h	15
Sembradora para granos finos	3000 h	15
Sembradora para granos gruesos	3000 h	15
Sembradora de precisión (neumática)	3000 h	15
Sembradora de siembra directa	2000 h	10
Plantadora de papas	2000 h	10
Plantadora forestal	4000 h	20
Escardillo o aporcador (carpidor)	5000 h	10
Fertilizadora centrifuga	5000 h	10
Fertilizadora pendular	3000 h	15
Pulverizadora de barra, de arrastre	15000 h	15
Pulverizadora de barra, automotriz	3000 h	10
Demalezadora de eje horizontal	4000 h	10
Demalezadora de eje vertical	4000 h	10
Cortadora-hileradora rotativa	5000 h	15
Rastrillo de descarga lateral	5000 h	15
Enfardadora convencional [5]	5000 h	10
Enfardadora arrolladora (enrolladora) [5]	4000 h	10
Corta-picadora con acoplado independiente	4000 h	10

# **ANEXO E**

**COEFICIENTES PARA CÁLCULAR  
EL VALOR RESIDUAL.**

Tabla 25.1

Valor de los parámetros que figuran en las fórmulas de ASAE para calcular el valor de desecho y los costes de reparaciones y mantenimiento

Tipo de máquina	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
Tractor < 60 kW .....	0,981	0,093	0,0058		
Tractor 60–112 kW .....	0,942	0,100	0,0008		
Tractor > 112 kW .....	0,976	0,119	0,0019		
Tractor 2 ruedas motrices ...				0,007	2,0
Tractor 4 RM y cadenas .....				0,003	2,0
Arado .....	0,738	0,051		0,29	1,8
Grada de discos .....	0,891	0,110	–	0,18	1,7
Cultivador .....	0,891	0,110	–	0,27	1,4
Sembradora .....	0,883	0,078	–	0,32	2,1
Abonadora .....	0,943	0,111	–	0,63	1,3
Pulverizador .....	0,943	0,111	–	0,41	1,3
Segadora .....	0,756	0,067	–	0,44	2,0
Empacadora .....	0,852	0,101	–	0,23	1,8
Cosechadora de cereales ....	1,132	0,165	0,0079	0,04	2,1

# **ANEXO F**

**VALORES DE COEFICIENTES DE  
REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO  
PARA MÁQUINAS AGRÍCOLAS.**

**Tabla 6: Valores de CRM (1/h) para maquinas y motores agrícolas**

Arado de rejas de arrastre	0.00020
Arado de rejas montado	0.00025
Arado de discos de arrastre	0.00015
Arado-rastra	0.00045
Subsolador de arrastre	0.00015
Subsolador montado	0.00060
Cinzel (escarificador) de arrastre [2]	0.00015
Cinzel (escarificador) montado [3]	0.00020
Cultivador de campo	0.00012
Vibrocultivador	0.00025
Cultivador sub-superficial (pie de pato)	0.00025
Fresadora de arrastre (rotovator)	0.00030
Fresadora de arrastre (rotovator)	0.00020
Rastra de discos de doble acción	0.00010
Rastra de discos excéntrica o pesada [4]	0.00030
Rastra de dientes	0.00010
Rastra rotativa (de eje horizontal)	0.00015
Rodillo (rolo) desterronador o acanalado	0.00007
Sembradora para granos finos	0.00010
Sembradora para granos gruesos	0.00010
Sembradora de precisión (neumática)	0.00010
Sembradora de siembra directa	0.00005
Plantadora de papas	0.00050
Plantadora forestal	0.00020
Escardillo o aporcador (carpidor)	0.00020
Fertilizadora centrifuga	0.00018
Fertilizadora pendular	0.00010
Pulverizadora de barra, de arrastre	0.00020
Pulverizadora de barra, automotriz	0.00010
Demalezadora de eje horizontal	0.00030
Demalezadora de eje vertical	0.00025
Cortadora-hileradora rotativa	0.00020
Rastrillo de descarga lateral	0.00025
Enfardadora convencional [5]	0.00020
Enfardadora arrolladora (enrolladora) [5]	0.00015
Corta-picadora con acoplado independiente	0.00040
Corta-picadora integral de arrastre	0.00020
Embolsadora de forraje para toma de potencia [6]	0.00006
Embolsadora de forraje con motor [6]	0.00010
Cosechadora automotriz para granos finos [7]	0.00010
Cosechadora automotriz para arroz	0.00015
Cosechadora automotriz para maíz	0.00015
Cosechadora automotriz axial p. granos finos [7]	0.00007
Sacadora de papas de disco	0.00020
Recolectora automotriz de algodón	0.00010
Cosechadora integral de caña de azúcar	0.00009

[2] En suelos con piso de arado el CGCR es 0,00035. [3] En suelos con piso de arado el CGCR es 0,00055. [4] En suelos arenosos y con piedras el CGCR es 0,00040. [5] El CGCR no incluye alambre o hilo para atar fardos o rollos. [6] El CGCR no incluye las bolsas de plástico. [7] Incluido soja y girasol.

# ANEXO G

## TABLAS DE TORSION PARA TORNILLERIA.

TABLA G – 1: valores de apriete de los tornillos no métricos (in.)

Grado SAE y marcas en cabezas	1 or 2 <sup>b</sup>		5	5.1	5.2	8	8.2
	SIN MARCA						
Grado SAE y marcas en tuercas	2		5			8	
	SIN MARCA						

Tamaño	Grado 1				Grado 2 <sup>a</sup>				Grado 5, 5.1, ó 5.2				Grado 8 ó 8.2			
	Lubricado <sub>b</sub>		Seco <sub>b</sub>		Lubricado <sup>a</sup> <sub>b</sub>		Seco <sub>b</sub>		Lubricado <sub>b</sub>		Seco <sub>b</sub>		Lubricado <sub>b</sub>		Seco <sub>b</sub>	
	N·m	lb-ft	N·m	lb-ft	N·m	lb-ft	N·m	lb-ft	N·m	lb-ft	N·m	lb-ft	N·m	lb-ft	N·m	lb-ft
1/4	3,7	2.8	4,7	3.5	6	4.5	7,5	5.5	9,5	7	12	9	13,5	10	17	12.5
5/16	7,7	5.5	10	7	12	9	15	11	20	15	25	18	28	21	35	26
3/8	14	10	17	13	22	16	27	20	35	26	44	33	50	36	63	46
7/16	22	16	28	20	35	26	44	32	55	41	70	52	80	58	100	75
1/2	33	25	42	31	53	39	67	50	85	63	110	80	120	90	150	115
9/16	48	36	60	45	75	56	95	70	125	90	155	115	175	130	225	160
5/8	67	50	85	62	105	78	135	100	170	125	215	160	240	175	300	225
3/4	120	87	150	110	190	140	240	175	300	225	375	280	425	310	550	400
7/8	190	140	240	175	190	140	240	175	490	360	625	450	700	500	875	650
1	290	210	360	270	290	210	360	270	725	540	925	675	1050	750	1300	975
1-1/8	400	300	510	375	400	300	510	375	900	675	1150	850	1450	1075	1850	1350
1-1/4	570	425	725	530	570	425	725	530	1300	950	1650	1200	2050	1500	2600	1950
1-3/8	750	550	950	700	750	550	950	700	1700	1250	2150	1550	2700	2000	3400	2550
1-1/2	1000	725	1250	925	990	725	1250	930	2250	1650	2850	2100	3600	2650	4550	3350

<sup>a</sup>El grado 2 corresponde a pernos hexagonales con cabeza de casquete de hasta 152 mm (6 in) de largo. En las fijaciones más largas de 152 mm (6 in.) utilizar los valores de apriete del grado SAE 1.

<sup>b</sup>"Lubricado" significa, que se aplica a las fijaciones un lubricante como p.e. aceite motor o que se trata de tornillos aceitados o recubiertos de fosfato. "Seco" significa, que se utilizan fijaciones normales o cincadas sin lubricación alguna.

NO UTILIZAR estos valores si se especifica un valor de apriete o procedimiento de apriete diferente para una aplicación específica. Los valores dados son para uso general. Comprobar periódicamente el apriete de los tornillos.

Los pernos rompibles están diseñados para romperse bajo cargas determinadas. Sustituir siempre los pernos rompibles por pernos de idéntico grado.

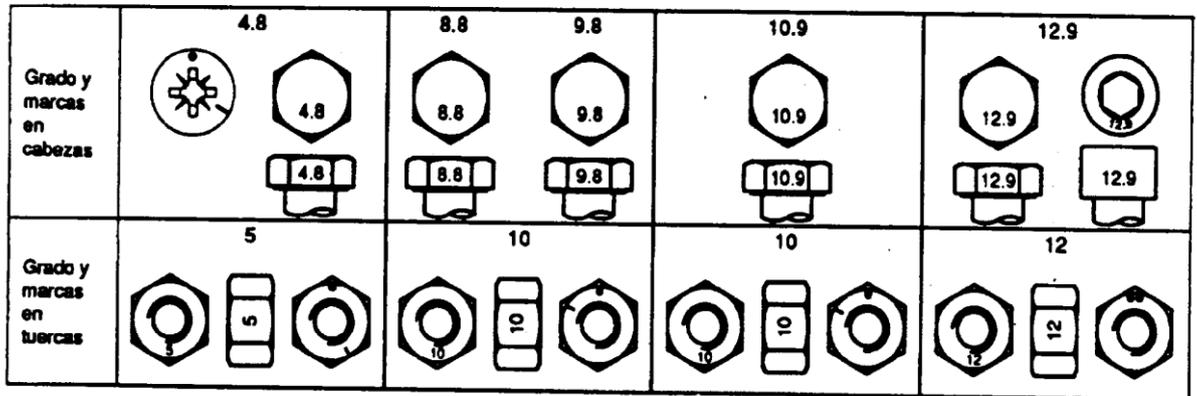
Los dispositivos de fijación deben ser sustituidos por otros similares o de mayor grado. En este último caso,

las fijaciones deben ser apretadas al par de apriete original.

Comprobar que las roscas de las fijaciones están limpias y que se empieza a enroscar correctamente. Esto evitará el fallo de las fijaciones al apretar.

Apretar las tuercas de freno de núcleo de plástico o de metal a 50% del par especificado en el cuadro para las fijaciones 'secas'. Apretar las tuercas de freno almenadas o dentadas a los valores máximos especificados en el cuadro.

TABLA G – 2: valores de apriete de los tornillos métricos.



	Categoría 4,8				Categoría 8,8 ó 9,8				Categoría 10,9				Categoría 12,9			
	Lubricado*		Seco*		Lubricado*		Seco*		Lubricado*		Seco*		Lubricado*		Seco*	
Tamaño	N•m	lb-ft	N•m	lb-ft	N•m	lb-ft	N•m	lb-ft	N•m	lb-ft	N•m	lb-ft	N•m	lb-ft	N•m	lb-ft
M6	4,8	3,5	6	4,5	9	6,5	11	8,5	13	9,5	17	12	15	11,5	19	14,5
M8	12	8,5	15	11	22	16	28	20	32	24	40	30	37	28	47	35
M10	23	17	29	21	43	32	55	40	63	47	80	60	75	55	95	70
M12	40	29	50	37	75	55	95	70	110	80	140	105	130	95	165	120
M14	63	47	80	60	120	88	150	110	175	130	225	165	205	150	260	190
M16	100	73	125	92	190	140	240	175	275	200	350	255	320	240	400	300
M18	135	100	175	125	260	195	330	250	375	275	475	350	440	325	560	410
M20	190	140	240	180	375	275	475	350	530	400	675	500	625	460	800	580
M22	260	190	330	250	510	375	650	475	725	540	925	675	850	625	1075	800
M24	330	250	425	310	650	475	825	600	925	675	1150	850	1075	800	1350	1000
M27	490	360	625	450	950	700	1200	875	1350	1000	1700	1250	1600	1150	2000	1500
M30	675	490	850	625	1300	950	1650	1200	1850	1350	2300	1700	2150	1600	2700	2000
M33	900	675	1150	850	1750	1300	2200	1650	2500	1850	3150	2350	2900	2150	3700	2750
M36	1150	850	1450	1075	2250	1650	2850	2100	3200	2350	4050	3000	3750	2750	4750	3500

\*"Lubricado" significa, que se aplica a las fijaciones un lubricante como p.e. aceite motor o que se trata de tornillos aceitados o recubiertos de fosfato. "Seco" significa, que se utilizan fijaciones normales o cincadas sin lubricación alguna.

NO UTILIZAR estos valores si se especifica un valor de apriete o procedimiento de apriete diferente para una aplicación específica. Los valores dados son para uso general. Comprobar periódicamente el apriete de los tornillos.

Los pernos rompibles están diseñados para romperse bajo cargas determinadas. Sustituir siempre los pernos rompibles por otros de idéntico grado.

Los dispositivos de fijación deben ser sustituidos por otros similares o de mayor grado. En este último caso,

las fijaciones deben ser apretadas al par de apriete original.

Comprobar que las roscas de las fijaciones están limpias y que se empieza a enroscar correctamente. Esto evitará el fallo de las fijaciones al apretar.

Apretar las tuercas de freno de núcleo de plástico o de metal a 50% del par especificado en el cuadro para las fijaciones 'secas'. Apretar las tuercas de freno almenadas o dentadas a los valores máximos especificados en el cuadro.

Latacunga, Mayo del 2008.

El autor

---

Victor M. Ortiz Albán

El Coordinador de la Carrera de  
Ingeniería Automotriz

---

Ing. Juan Castro Clavijo.

Secretario Académico

---

Dr. Eduardo Vásquez  
Secretario Académico

## AUTORIZACIÓN

Yo, Víctor Miguel Ortiz Albán, portador de la cédula de ciudadanía 050265816-4, egresado de la carrera Ingeniería Automotriz, en la Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga. Autorizo la publicación de la tesis “Diseño, construcción y evaluación de un sistema de arado de discos reversibles”, en la biblioteca virtual de la ESPE-L.