



Curso de Maquinaria Agrícola

Equipos para el trabajo del suelo

Capítulo 03.1.-

Laboreo Primario



Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo



Equipos para el laboreo primario del suelo

Función:

- Realizar un **trabajo profundo del suelo**, entendiéndose como tal el que alcanza la profundidad a la que se pueden desarrollar las raíces del tipo de cultivo que se desea implantar.
- En cultivos arbustivos y arbóreos se realiza antes de la plantación.

Características básicas:

- Se caracterizan por su **robustez**, ya que para el trabajo profundo del suelo se necesita aplicar un alto nivel de energía.
- **La potencia que demandan** depende de las características del suelo, de la profundidad de intervención y del grado de pulverización provocado.



Tipos característicos

Por la forma en que se accionan:

- Los que la potencia de accionamiento deriva del **esfuerzo de tracción** que le suministra un tractor agrícola.
- Los que son accionados mediante el movimiento de la **toma de fuerza**, por lo que reciben la denominación de arados rotativos o rotocultivadores.

Para los que se accionan por tracción:

- Los que producen el **volteo del suelo**: los arados de vertedera y de disco.
- Los que **no producen el volteo del suelo**: subsoladores, descompactadores y arados chisel, también conocidos como cultivadores pesados.



Laboreo primario del suelo



Accionamiento por tracción:
arado chisel



Accionamiento por TDF:
rotocultor

Ejemplo de equipos para laboreo primario



Arados de vertedera



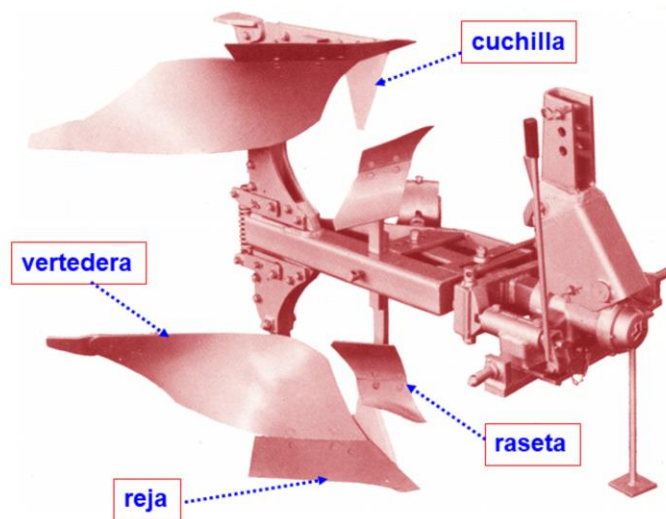
Función principal:

- Laboreo primario con volteo del suelo formando un canal que permite la aireación y la circulación del agua de lluvia hasta las capas profundas.
- Incorporación de los restos de cosecha para su descomposición en condiciones anaerobias.

Laboreo del suelo con inversión del perfil



Arado monosurco reversible





Elementos del arado de vertedera

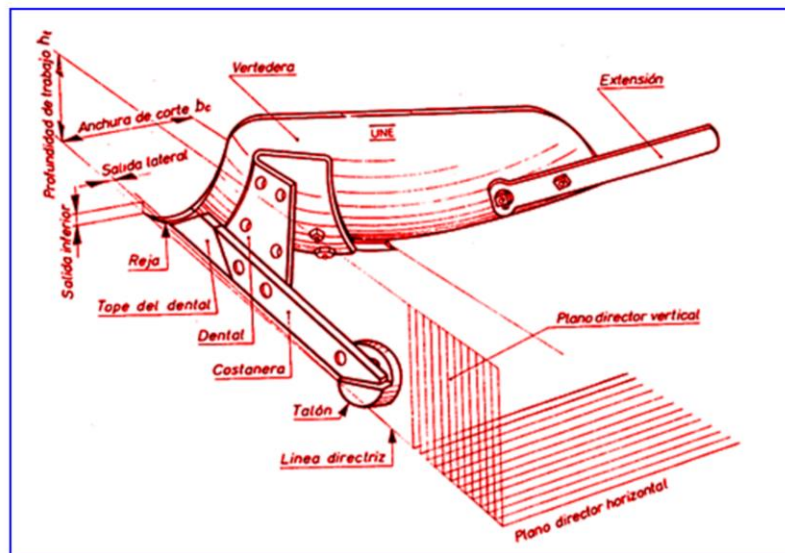
- Formado por uno o más cuerpos, cada uno de los cuales realiza el **corte y el volteo de una banda de suelo** cuya sección es rectangular, con **anchura igual a la de corte** y altura a la profundidad de intervención.
- Cada cuerpo dispone de:
 - **Reja**, que se encarga de realizar el **corte horizontal**
 - **Vertedera** que realiza el **volteo de la banda de suelo cortado**.
 - **Cuchilla**, que puede faltar, ayuda al **corte vertical de la banda de suelo**.



Componentes del cuerpo en el arado de vertedera.



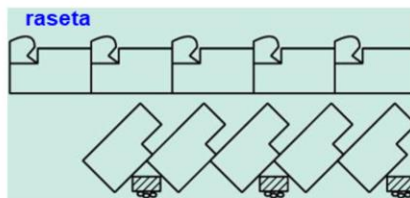
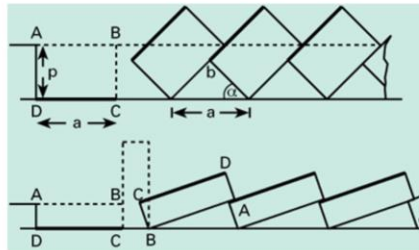
Terminología (según UNE)



La presión del talón en el surco compensan las fuerzas que produce el volteo de la tierra.



Profundidad de trabajo



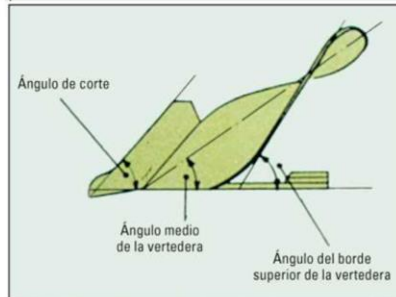
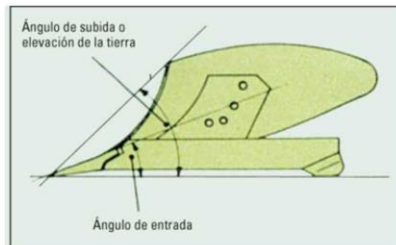
- La profundidad de intervención del arado debe de estar comprendida entre el 60 y el 80% de la anchura de corte de la reja. Esta anchura se mide perpendicularmente a la dirección de avance.
- Se puede utilizar la raedera, o raseta, que corta una banda superficial de suelo que queda depositada en el fondo del surco.

Se recomienda utilizar arados de vertedera con raseta cuando el residuo superficial es muy abundante y se quiere incorporar al suelo, como puede ser un rastrojo de maíz.

Si no se respeta la relación entre la profundidad de trabajo y la anchura de la reja el volteo no se produce correctamente a la vez que aumenta la demanda de tracción del apero.



Ángulos característicos vertedera



Tipos:

helicoidal

universal

cilíndrica

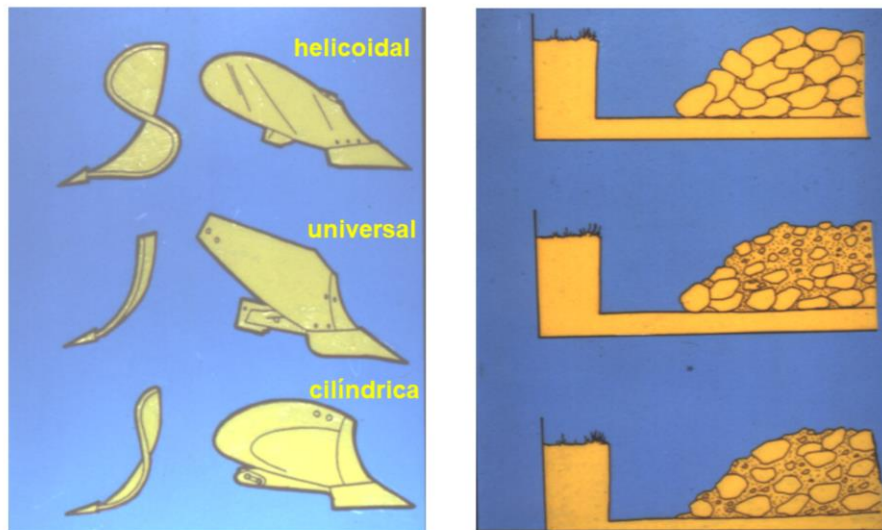
El ángulo medio de la vertedera, junto con la velocidad de avance, indica el grado de pulverización del suelo.

A medida que se aumenta el ángulo medio de la vertedera el suelo queda más pulverizado



Efecto de la forma de la vertedera sobre la labor

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



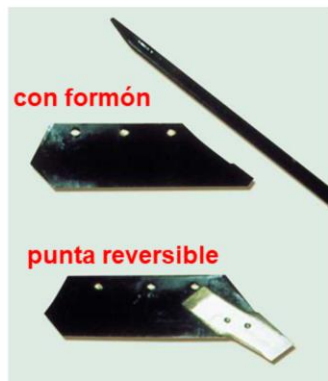
Las vertederas de tipo helicoidal se aconsejan cuando se necesita dejar la banda de suelo volteada y sin romper (grandes terrones) lo que permite que circule el agua durante el invierno.

Las vertederas de tipo cilíndrico producen la pulverización del suelo y se aconsejan cuando la siembra posterior se hará pronto.

Las vertederas de tipo universal o americano producen un efecto en el suelo intermedio entre el de las vertederas cilíndricas y helicoidales.



Las rejas: dimensiones y tipos



- Anchura de corte de la reja: 30 a 50 cm (12 a 20 pulgadas).
- Tipos básicos: lisa, pico de pato y formón.



Las rejas con formón o con punta permiten que el arado penetre mejor en suelos endurecidos, mientras que las rectas son más adecuadas para suelos con obstáculos que pueden producir roturas (grandes piedras)



Tipología de los arados de vertedera

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

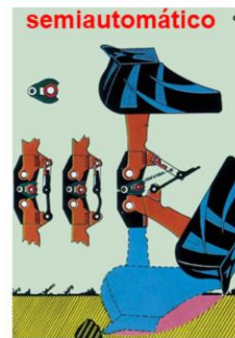
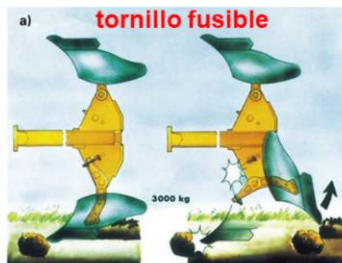


- De 1 a 12 cuerpos (normalmente 2 a 5);
- Cuerpos fijos o reversibles.
- Masa: arados reversibles 250 a 350 kg/cuerpo; arados fijos 100 a 250 kg/cuerpo.
- Distancia entre cuerpos: 90-105 cm (pesados): 85-100 cm (ligeros).
- Despeje del bastidor: 60 a 75 cm.
- Reversibilidad: mecánica o hidráulica.

El arado reversible permite aumentar la eficiencia en parcela, ya que se reducen los recorridos para las vueltas en los cabeceros.



Dispositivos de seguridad



“non stop” (sin detenerse)

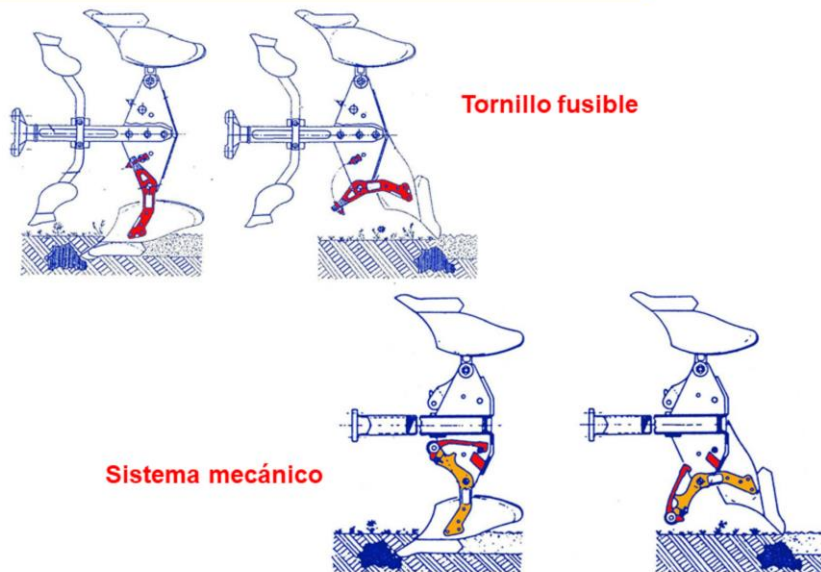


Se recomienda la seguridad mediante tornillo fusible cuando los obstáculos son escasos. Cuando aumenta la pedregosidad del suelo los sistemas de seguridad semi-automáticos son los aconsejables. Al producirse la acción de seguridad, hay que detener el trabajo y dar marcha atrás para que el mecanismo se rearme de nuevo.

Los sistemas “non stop” el cuerpo de arado se recupera por si solo cada ven que se produce su choque con un obstáculo (piedra o tronco), y sin intervención del conductor.



Dispositivos de seguridad



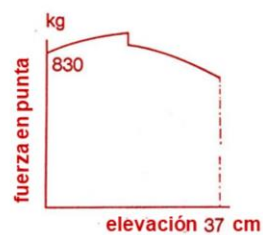
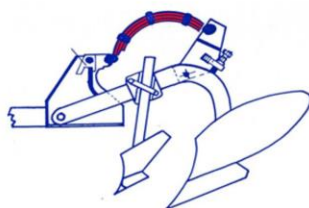
Cuando se rompe el tornillo fusible hay que parar para sustituirlo.

Con el sistema mecánico de seguridad basta dar marcha atrás para que el dispositivo de seguridad se rearme.



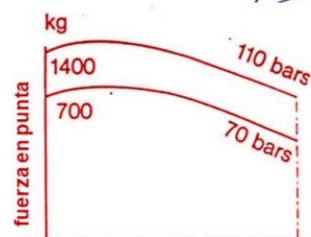
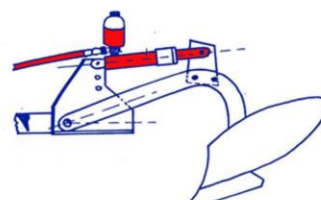
Seguridad non-stop

mecánico



elevación 37 cm

hidráulico



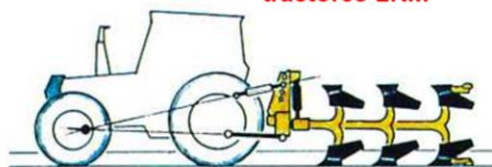
elevación 50 cm

El sistema de seguridad responde de diferente manera según el elemento activo sea un resorte o un conjunto oleo-neumático.

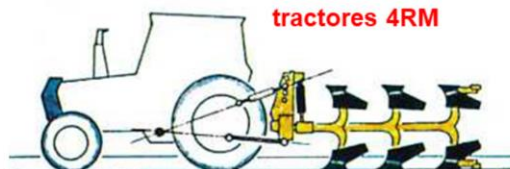


Enganche y regulación

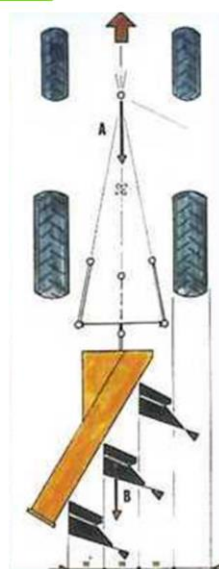
tractores 2RM



tractores 4RM



Enganche: suspendido (hasta 3 – 4 cuerpos);
semisuspendido o arrastrado (más de 4 cuerpos).



La línea de tracción conviene que coincida con el plano medio del tractor. Para ello se debe ajustar la anchura de vía para que entre las ruedas del tractor exista una distancia igual a la correspondiente al número de cuerpos del arado más medio cuerpo. En arados de muchos cuerpos esto no es posible y se recomienda trabajar con la mayor separación posible entre las ruedas.

El enganche tripuntal debe ajustarse para que la prolongación de la línea del brazo superior corte al plano que forman los brazos inferiores a la hacia la mitad del tractor (tractores de simple tracción) o cerca de las ruedas delanteras (tractores de doble tracción)



Arado de anchura variable

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



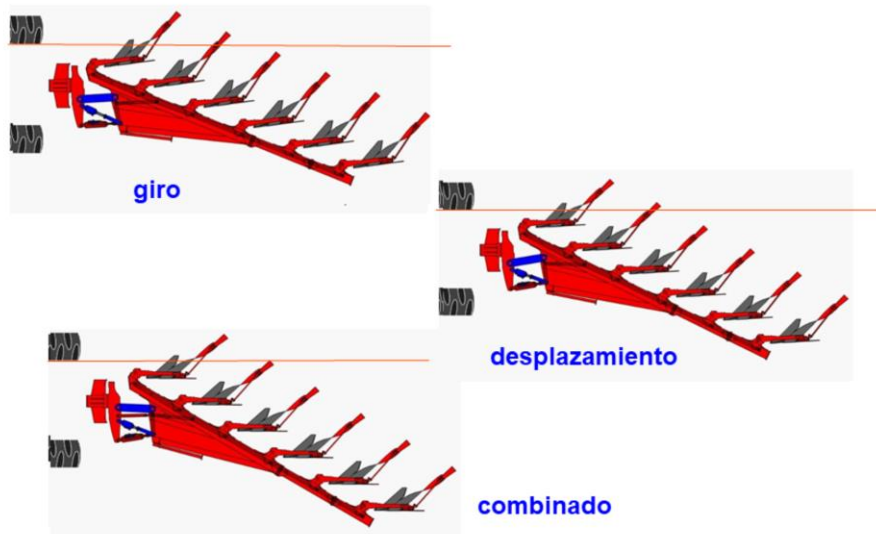
Permite modificar la anchura de trabajo mediante el solapamiento de los cuerpos

Modificando la anchura de trabajo se adapta el apero a la capacidad de tiro del tractor. En algunas de las soluciones mecánicas que permiten modificar la anchura de trabajo se realiza simultáneamente el posicionamiento del primer surco. En otros casos hay que ajustarlo independientemente.



Movimiento de la cama del arado

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La posición del arado respecto al enganche se realiza mediante un giro y un desplazamiento respecto al surco guía. En algunos modelos el ajuste de la posición y del ángulo de giro para conseguir el solapamiento de los cuerpos reduciendo la anchura de corte se realiza simultáneamente utilizando dos cilindros hidráulicos.



Condiciones de utilización y prestaciones

- Se recomienda utilizarlo con el suelo en estado deformable (humedad de **tempero**) a velocidades entre 3.5 y 7.5 km/h.
- El **esfuerzo de tracción** por sección de área trabajada varía entre 40 y 80 kg/dm². La eficiencia en parcela se mantiene entre 0.65 y 0.85.
- El **consumo de combustible** en el tractor se debe mantener por debajo de 0.8 a 1.0 L/ha por cada centímetro de profundidad de trabajo.



Arados de disco



Función principal:

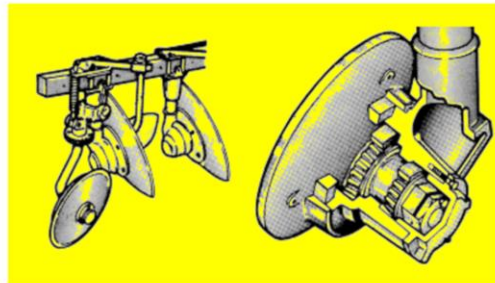
- Laboreo primario con volteo del suelo para producir esponjamiento y aireación.
- Incorporación de los restos de cosecha en menor grado que con el arado de vertedera. El suelo queda pulverizado en condiciones similares a lo que lo hace una vertedera cilíndrica.

Laboreo del suelo con inversión del perfil



Descripción del arado de disco

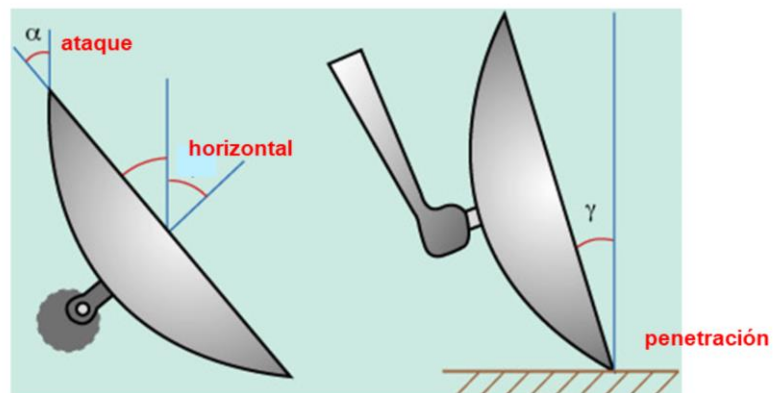
- **Dos o más cuerpos**, cada uno con un soporte unido al bastidor al que se fija el disco sobre rodamientos que le permiten girar.
- **El disco va unido mediante cuatro o cinco tornillos**, lo que permite la sustitución por rotura o desgaste.
- **Sobre cada disco se sitúa un limpiador, o rascador**, que se encarga de desprender la banda de tierra que sube por el disco.





Ángulos en un arado de disco

- Se puede ajustar el ángulo de inclinación del disco respecto al suelo (penetración) y el que forma con la dirección de avance (ataque).





Dimensiones y marcado de los discos

- El **marcado del disco** incluye diámetro y espesor [ej.: 26 x 3/16”, equivalentes a 26 pulgadas de diámetro (660 mm) y 3/16 de pulgada de espesor (4.8 mm)].
- También se utiliza la **designación métrica**. La concavidad para este disco puede estar entre 73 y 136 mm.
- Los discos van **afilados en el borde** para facilitar la penetración. Se utilizan **escotaduras** a lo largo de todo el borde para picar mejor el rastrojo.

Diámetro		Espesor	Concavidad
pulgadas	mm	mm	mm
24	610	5-6	73-86
26	660	6	87-102
28	710	6-8	102-120
30	760	8	118-140
32	810	10	136



Tipologías de los arados de disco



- **De 2 a 12 cuerpos** (normalmente 3 a 5); diámetro del disco: 660 a 810 mm (26 a 32 pulgadas);
- **Profundidad de trabajo** recomendada: 35% diámetro disco.
- **Ángulo de penetración:** 20 a 25° ; **ángulo de ataque:** 40 a 45° .
- **Masa:** arados reversibles 250 a 400 kg/cuerpo; arados fijos 150 a 300 kg/cuerpo.
- **Distancia entre cuerpos:** 70-115 cm; despeje del bastidor: 70-95 cm.

La rueda de cola del arado permite mantener constante el ángulo de ataque de los discos.



Elementos auxiliares

Arado tridisco suspendido
con rueda de apoyo



- **Reversibilidad:**
 - mecánica,
 - hidráulica.
- **Enganche:**
generalmente
semisuspendido o
arrastrado, aunque
también suspendido
en arados con
pocos cuerpos.



Condiciones de utilización y prestaciones

- Se recomienda utilizarlo con el suelo en estado deformable (**tempero**) a velocidades entre 4 y 8 km/h.
- En suelo muy seco resulta difícil hacerlo penetrar. Con el **suelo muy húmedo** da lugar a una labor caótica con terrones muy difíciles de romper cuando se secan.
- El **esfuerzo de tracción** por área trabajada varía entre 35 y 75 kg/dm² de sección trabajada (ligeramente inferior al del arado de vertedera). La eficiencia en parcela se mantiene entre 0.65 y 0.85.
- El **consumo de combustible** en el tractor se debe mantener por debajo de 0.8 a 1.0 L/ha por cada centímetro de profundidad de trabajo.



Subsoladores - descompactadores

Función principal:

- **Fisuración del suelo** rompiendo capas compactadas sin que se produzca la inversión del perfil.
- **Deben trabajar al menos 10 cm por debajo** de la capa compactada.
- **El suelo se rompe según una V** desde el fondo del surco hacia la superficie.
- **No puede utilizarse para controlar la flora adventicia.**

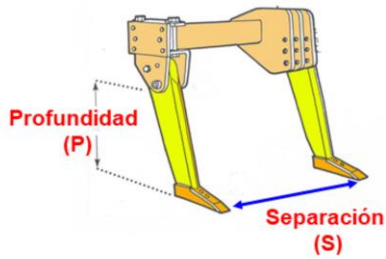
- **Dos categorías:**
 - **subsoladores** para trabajo muy profundo, y
 - **descompactadores** para trabajo a menor profundidad.



Trabajo primario del suelo (descompactación) sin que se produzca la inversión del perfil.



Descripción de los descompactadores



- Apero con un número impar de brazos o púas robustas y rígidas para trabajar en suelo endurecido, montados sobre un bastidor capaz de soportar estos esfuerzos.
- La separación entre los brazos condiciona la profundidad de trabajo, además de la longitud de las púas.
- Separación entre púas:
 $1.0-1.5 P < S < 1.5-2.0 P$

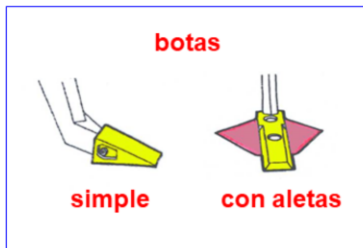
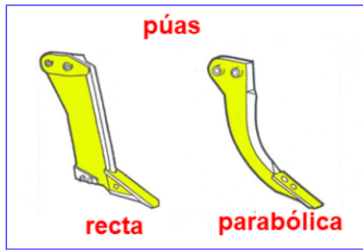


Tipologías de los descompactadores

- De 1 a 7 púas, para trabajar hasta 50 cm de profundidad (descompactadores) o hasta 100 cm o más (subsoladores). La separación entre las púas varía entre 50 y 100 cm.
- La púa puede ser **recta** o **parabólica** (rompe el suelo hacia arriba y reduce el esfuerzo de tracción).
- En el extremo dispone de una **bota simple** o **con aletas**.
- **Masa**: pesados 200 a 300 kg/púa; ligeros 75 a 100 kg/púa.
- Como **elementos auxiliares** se utilizan ruedas de apoyo o un rodillo posterior que ayuda a dejar el suelo nivelado y sellado para reducir la pérdida de humedad.



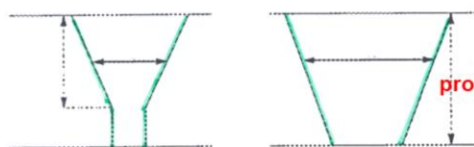
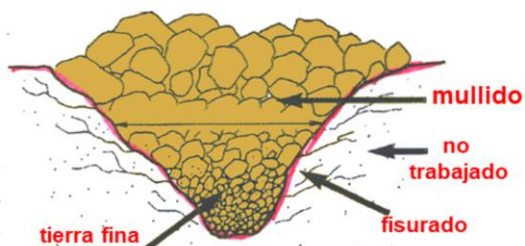
Brazos y púas



- Las púas pueden ser:
 - Rectas casi verticales o inclinadas hacia delante y
 - Con perfil parabólico.
- En el extremo de cada púa se sitúa una bota de tipo simple o con aletas laterales.
- La situación de las púas en el bastidor suele realizarse en V, con la más cercana en el centro y en el exterior las más alejadas, para evitar que las ruedas del tractor incidan sobre la zona de rotura del suelo.



Perfil y profundidad de trabajo



reja simple reja con aletas
Acción de la púa sobre el perfil del suelo

Descompactador pesado:

- 1 a 2 púas/m de anchura
- Despeje bastidor: 75-100 mm

Descompactador ligero:

- 2 a 3 púas/m de anchura
- Despeje bastidor: 60-75 mm

La separación entre púas debe permitir un solapamiento entre las zonas del suelo trabajadas por cada púa.



Elementos auxiliares



descompactador brazos oblicuos



arado topo

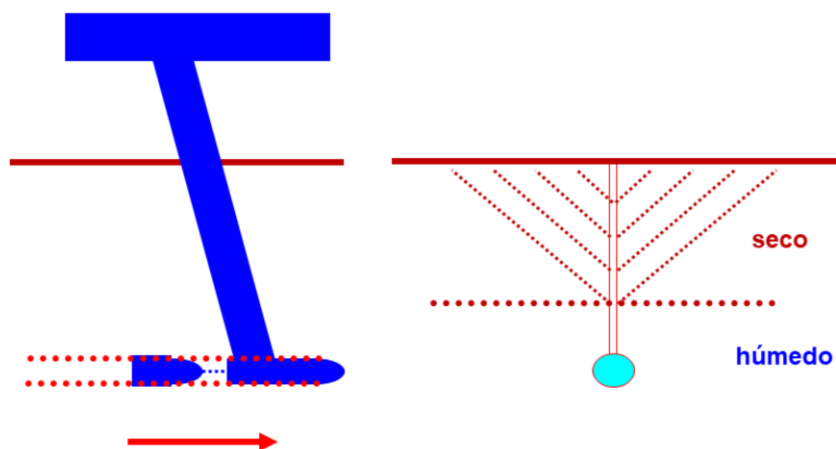
- **Dispositivo de seguridad** (tornillo fusible; automático non-stop)
- **Enganche:** ligeros y medios, suspendidos; pesados, semisuspendidos o arrastrados.
- En algunos casos disponen de **sistemas que producen vibración** para reducir el esfuerzo de tracción necesario para su arrastre.
- Los **“arados topo”** se utilizan para favorecer el drenaje de los suelos (disponen de brazos rectos y obús o bola detrás).

Los descompactadores de brazos oblicuos fisuran el suelo sin inversión del perfil. Se recomiendan para eliminar la compactación producida en algunos suelos con siembra directa continuada.



Estado del suelo para construir drenajes

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



El suelo fisurado en la parte alta del perfil facilita la filtración del agua a la zona de drenaje.

El suelo húmedo en la parte baja del perfil permite crear un galería estable por la que circule el agua drenada.



Condiciones de utilización

- Se recomienda **utilizar los descompactadores con suelo seco** para facilitar su fisuración, salvo en el caso de las operaciones de drenaje (arado topo) en las que se necesita que la parte inferior de la bota se mueva en un suelo en estado plástico.
- La **relación entre la profundidad de trabajo y la separación de las púas** debe mantenerse entre 1.0 y 1.5 para las botas simples y 1.5 a 2.0 en las de botas con aletas.
- La **potencia** que demanda por púa varía entre 35-45 CV (28-33 kW) para 30 cm de profundidad de trabajo, hasta 55-65 CV (45-48 kW) para 70 cm.
- Las **velocidades de trabajo** deben de mantenerse entre 3.0 y 5.0 km/h, consiguiéndose una eficiencia en parcela de 0.65 a 0.85.



Arado chisel – Cincel – Cultivador pesado



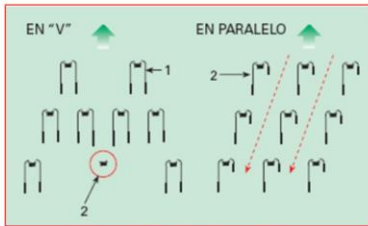
Función principal:

- Trabajo primario del suelo manteniendo una gran parte del rastrojo en superficie, lo que lo hace adecuado para el laboreo de conservación con residuo superficial. El efecto de control de la erosión hídrica se incrementa por la rugosidad superficial que produce.
- Control de la vegetación adventicia menos eficaz que con la vertedera (50% inferior), así como el grado de incorporación de los residuos, que quedan mezclados en el tercio superior del suelo, influenciado por el tipo de reja utilizada.

Puede sustituir al arado de vertedera mediante un laboreo primario sin invertir el perfil del suelo (labranza vertical).



Descripción del arado chisel



Posición de las púas
(flujo del rastrojo)

- Está formado por un conjunto de brazos o **púas**, a la vez resistentes y flexibles, que producen con su vibración un efecto de **pulverización del suelo e incorporación superficial del rastrojo**.
- En algunos casos se utilizan brazos rígidos, por lo que sus características de trabajo se aproximan a las de los descompactadores.
- Las **púas van situadas preferentemente en tres paños y desplazadas lateralmente para facilitar el flujo del rastrojo evitando el efecto de rastrillado**.



Púas y rejas

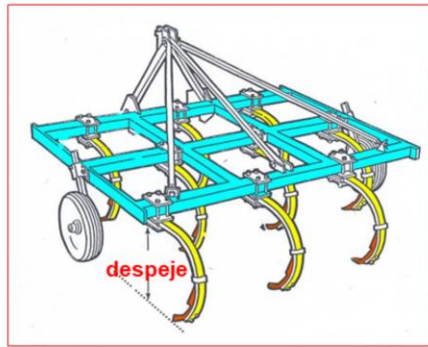


Rejas escarificadoras

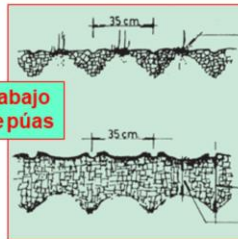
- En cada brazo se sitúa una **reja escarificadora**, eficaz para romper el suelo, o más ancha con forma de aleta (**extirpadora**) para mejor control de la vegetación.
- Menos frecuentemente se utiliza una reja escarificadora alabeada para aumentar el efecto de enterrado del rastrojo.
- En la parte posterior se puede utilizar un **rodillo** para **provocar el sellado del suelo** lo que evita la pérdida de humedad.
- Asociado a cuchillas circulares o discos permite hacer la preparación del suelo en una sola pasada.



Tipologías de los arados chisel



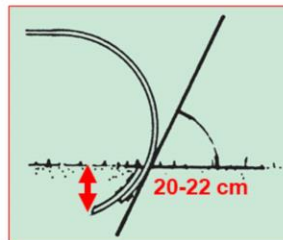
Profundidad de trabajo
y separación entre púas



- **Anchuras de trabajo** entre 2 y 6 m, con 25 a 35 cm de separación entre dientes; posición de los dientes sobre 2 ó 3 filas para reducir el efecto de rastrillado.
- **Despeje** del bastidor de 65 a 80 cm, y **profundidad** máxima de trabajo recomendada: 18 a 22 cm.
- **Masa:**
 - suspendidos 200 a 300 kg/m;
 - autoportantes 300 a 400 kg/m;
 - incremento de 100 kg/m (con dispositivos de seguridad).



Elementos auxiliares



- **Dispositivos de seguridad** por tornillo fusible o por resorte (non stop).
- **El ángulo que forma el brazo con la superficie del suelo conviene que sea lo más agudo posible para reducir la retención del rastrojo.**



Condiciones de utilización



- Se recomienda utilizarlo sobre **suelo seco** para aumentar su eficacia basada en el efecto de vibración de los brazos flexibles o dotados de resortes que provocan un efecto similar.
- Si se hace trabajar a **profundidad excesiva** los brazos curvados tienden a perder su capacidad de vibración.
- La **anchura de trabajo** debe superar la de pisada del tractor que lo arrastra. Esto unido a la elevada velocidad necesaria obliga a disponer de **tractores potentes**.



Potencia necesaria



- **El esfuerzo de tracción:** aproximadamente igual a la mitad del que se necesita para arrastrar un arado de vertedera de la misma anchura trabajando a igual profundidad.
- La **potencia necesaria** aumenta como consecuencia de que la velocidad de trabajo debe ser mayor (7.0 a 9.0 km/h).
- Se recomienda una potencia de **25-40 CV/m (18-29 kW/m)** de anchura de labor; la eficiencia en parcela está entre 0.65 a 0.85.



Rotocultivador - Rotocultor



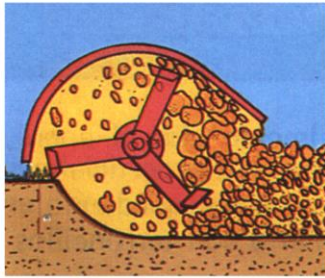
Función principal:

- **Rotura y esponjamiento del suelo** que queda pulverizado uniformemente sobre todo el perfil trabajado.
- **Para la preparación rápida de suelos de huerta**, evitando que se produzca un exceso de tierra fina.
- Los residuos superficiales se incorporan a la mitad superior del perfil de suelo.
- La **profundidad de actuación** puede superar los 25 cm (depende de las dimensiones del rotor).

Todo el perfil del suelo queda pulverizado. En condiciones de elevada humedad tienden a formar una suela de labor en el límite de la zona trabajada por las azadas.



Descripción del rotocultor



detalle de las azadas

- Disponen de un **eje horizontal** del que salen, de manera equilibrada, un **conjunto de brazos o azadas con su extremo acodado**, que producen, por la rotación del eje, la pulverización del suelo.
- Las **azadas suelen estar agrupadas por bloques o discos**, con unas 6 cuchillas por disco, con un diámetro total del rotor de 500 a 550 mm.
- El conjunto va **situado en el interior de una cubierta protectora con una pantalla posterior regulable** sobre la que chocan los terrones, quedando el suelo más o menos pulverizado en función del régimen de giro del rotor con respecto a la velocidad de avance.



Cambio de la velocidad del rotor



- La velocidad del rotor puede modificarse por un sistema de ruedas dentadas que le permiten trabajar entre 50 y 300 rev/min. Normalmente el sentido de giro es directo, “mordiendo” el suelo al avanzar y dando un empuje positivo del tractor.
- Permite un buen aprovechamiento de la potencia del motor por su accionamiento por la toma de fuerza.
- Para controlar la profundidad de trabajo se utilizan patines laterales o ruedas de apoyo.



Aperos derivados del rotocultor



rotor de grada accionada



motoazada

- **Gradas accionadas**, en las que los elementos labrantes suelen ser rectos y están diseñadas para trabajar a profundidades de menos de 10-15 cm (laboreo secundario).
- **Motoazadas**, en la que se combina el trabajo del suelo (rotor) con el avance de la máquina.



Tipologías de los rotocultores



rotor del rotocultivador

- **Anchura de trabajo:** 0.80 a 3.10 m;
- **Diámetro del rotor:** 40 a 65 cm;
- **Número de azadas por metro:** 15 a 35;
- **Accionamiento:** toma de fuerza 540 y/o 1000 rev/min;
- **Enganche:** tripuntal;
- **Masa:** 200 a 300 kg/m de anchura.
- **Elementos auxiliares:**
 - cambio de velocidades;
 - tablero nivelador;
 - posibilidad de desplazamiento lateral;
 - control de profundidad (ruedas o patines).



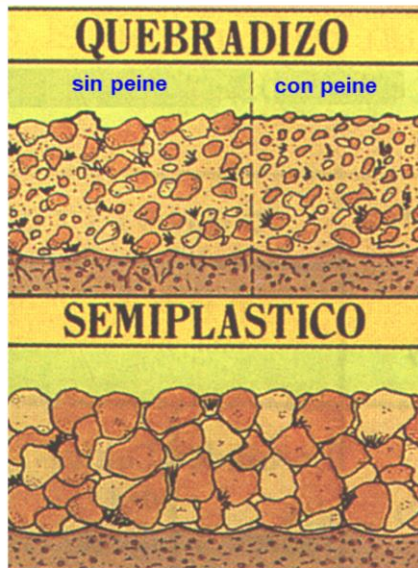
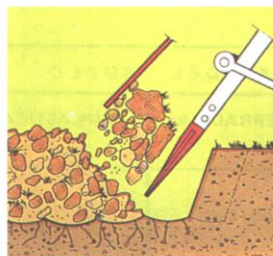
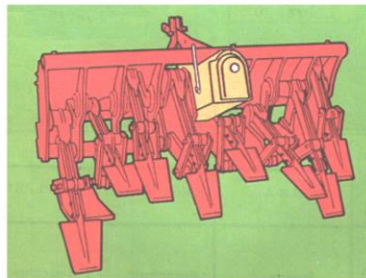
Condiciones de utilización de los rotocultores

- Profundidad máxima de trabajo recomendada: 23 a 35 cm.
- Velocidades de trabajo entre 2.0 y 4.0 km/h, con una demanda de potencia de 30-40 CV/m (22-30 kW/m) de anchura. Eficiencia en parcela de 0.65 a 0.85.
- Se produce una discontinuidad con marcada suela de labor si se hace trabajar sobre suelos húmedos y poco estructurados.
- La posición de la pantalla posterior hace que la superficie se cubra de tierra fina (bajada) o de pequeños terrones (subida).
- Se desaconseja utilizar este apero en suelos limosos con tendencia a compactarse naturalmente, salvo que se encuentren muy consolidados.



La cavadora como alternativa al rotocultor

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



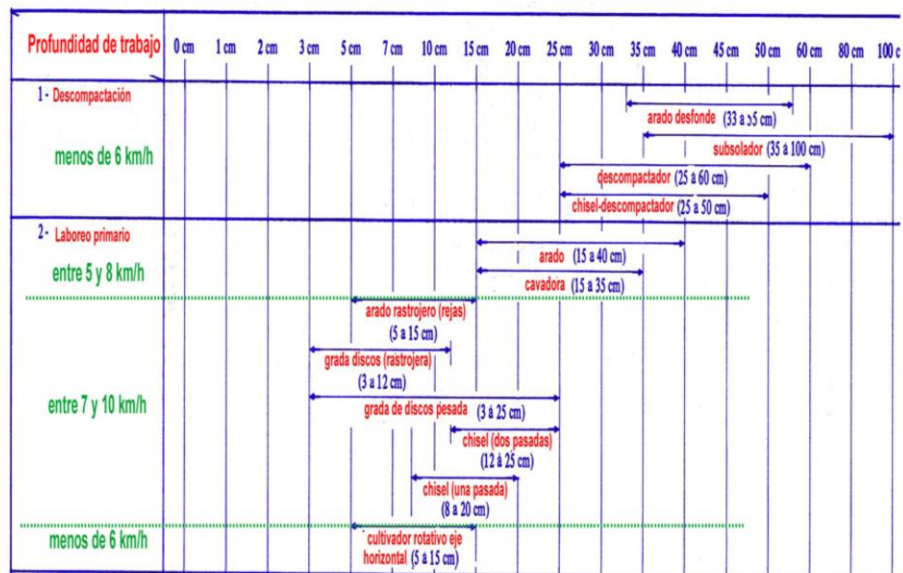
Poco utilizadas en la agricultura española, simulan el trabajo del suelo con una azada manual. Son un alternativa a los rotocultores, aunque necesitan mayor inversión y tiene mayor coste de mantenimiento.

Permiten trabajar con diferentes contenidos de humedad en el suelo.



Profundidad y velocidad de trabajo de los diferentes aperos de laboreo primario

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



El gráfico resume las profundidades a las que se puede trabajar con diferentes aperos de laboreo primario y los límites de velocidad recomendados.



Curso de Maquinaria Agrícola

Equipos para el trabajo del suelo

Capítulo 03.1.-

Laboreo Primario



**Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo**