

SELECCION DE MAQUINARIA AGRICOLA⁺

Por: Luis Alfonso Restrepo⁺⁺

INTRODUCCION

Se entiende como selección de maquinaria agrícola, el proceso mediante el cual, se calculan los equipos y máquinas requeridas para una explotación agrícola determinada.

El objetivo del proceso de selección es determinar con mas o menos precisión el tamaño y capacidad de los equipos requeridos para una explotación en unas determinadas condiciones, en forma tal que permita el máximo de ingresos de la explotación con el mínimo de costos posibles.

El proceso de selección es generalmente difícil para las condiciones del trópico principalmente por la gran variación que presentan los factores de clima y suelo que intervienen en la selección. Pueden mencionarse entre otros, la precipitación y distribución de las lluvias, las condiciones de suelo y topografía y la disponibilidad de mano de obra calificada.

En razón al elevado costo de los equipos y de las labores mismas de mecanización, la selección debe ser muy cuidadosa. Un error en la escogencia de los equipos puede ocasionar cuantiosas pérdidas y en ocasiones el fracaso de una empresa.

Proceso de selección de maquinaria agrícola

Para la selección de maquinaria agrícola en una explotación debe disponerse previamente de una información básica que consta de:

+ Contribución del Programa de Maquinaria Agrícola

++ Director Programa Maquinaria Agrícola

- Area que va a dedicarse a la producción
- Cultivo o cultivos que van a ser plantados
- Selección de las labores mecanizadas que se realizarán en el cultivo o cultivos de acuerdo a las labores normales de la zona.
- Epoca y tiempo disponible para cada labor con base en lo normal de la zona y finca, o previo estudio de las condiciones meteorológicas.
- Tipo de suelos de la finca y estado de los mismos en el momento de realizar las labores.
- Disponibilidad de equipos, e implementos en el mercado.

Completada ésta fase de información preliminar se inicia el proceso de selección, el cual se realiza siguiendo en su orden los siguientes pasos:

1. Planificación del trabajo mecanizado

De acuerdo a: Labores a realizar

Tiempo disponible para la labor

Mediante la ayuda de un gráfico de Gantt Tabla 1 pueden clasificarse las labores a realizar de acuerdo a los puntos e información mencionada anteriormente.

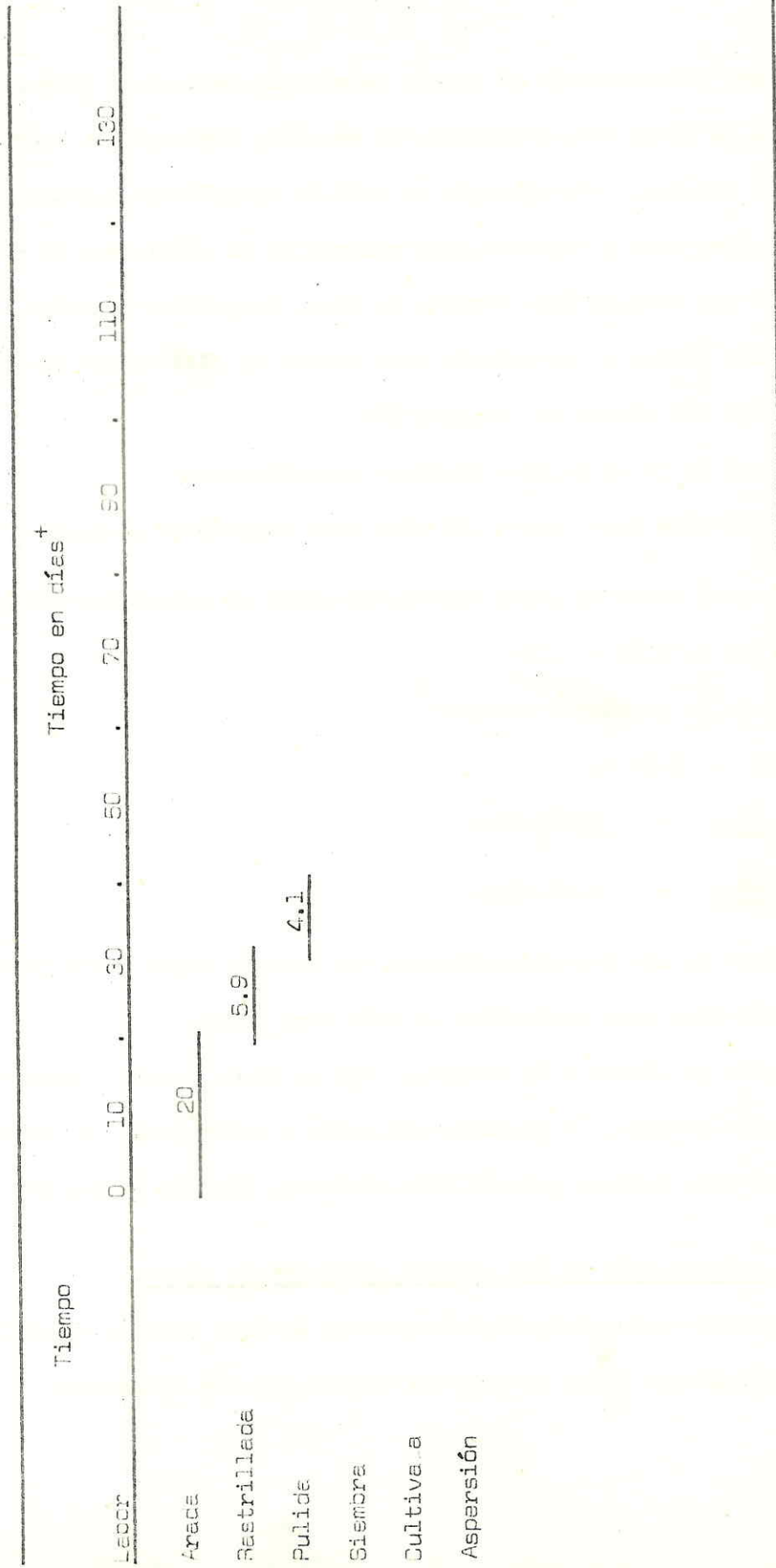
Por ejemplo: Se desean producir 200 Has. de maíz en el Valle del Cauca.

Se han seleccionado las labores de arada, 2 rastrilladas a saber: 1. californiano y 1 pulidor, siembra 2 cultivadas y una aspersion.

En el gráfico de Gantt se relacionen las labores en orden de ejecución o bien según los requerimientos de energía.

En la escala horizontal se determina una secuencia de tiempo en la unidad más práctica posible, para nuestro ejemplo la estimamos en días.

TABLA 1. Gráfico de Gantt para las labores mecanizadas y el tiempo por labor. Maíz 200 Has. en el Valle del Cauca.



+ Puede expresarse en fechas.

Con una barra determinamos el tiempo permisible para cada labor, especialmente para las de altos requerimientos de energía, teniendo en cuenta la superposición de labores. Por ejemplo es difícil determinar cuantos días serían necesarios para arar y cuantos para rastrillar si conocemos el tiempo para preparación que incluye las labores de arar, rastrillar y pulir.

El método más simple y aproximado para obviar la dificultad es asignar a la arada los $\frac{2}{3}$ del tiempo de preparación.

Si disponemos de 30 días para preparar necesitaremos

$$\frac{30 \times 2}{3} = 20 \text{ días para arar y } 10 \text{ días para rastrillar y pulir.}$$

La relación por ancho de corte corriente entre un rastrillo californiano y un pulidor es de 2.25 - 3.25

Se procede de la siguiente manera:

$$2.25 + 3.25 = 5.50 \text{ m.}$$

$$\frac{2.25 \times 10 \text{ días}}{5.50 \text{ m}} = 4.09 \text{ días}$$

$$\frac{3.25 \times 10 \text{ días}}{5.50} = 5.90 \text{ días}$$

Como se trata de una relación inversa, es decir a menor ancho más tiempo, se requiere 5.0 días para rastrillar y 4.09 para pulir.

Estos valores se llevan a la Tabla 1. Si se desea pueden tabularse todos los valores. Sin embargo, la siembra cultivada y aspersiones no siempre son necesarias en este proceso pero sí más adelante, como se explicará.

2. Escogencia o selección de los equipos propiamente dicho

La planificación expuesta anteriormente es la base para la selección de los equipos sin embargo deben tenerse en cuenta algunos conceptos.

- Capacidad de campo

Se refiere al rendimiento que puede obtenerse con un equipo agrícola, expresado en unidad de área por unidad de tiempo o viceversa. Has/Hora o bien horas/Has. La capacidad de campo puede ser teórica, que corresponde a una condición ideal y que puede expresarse.

$$C.C. \text{ o bien rendimientos } R = V \times A$$

En donde: V = velocidad de operación

A = ancho de corte.

Sin embargo, las operaciones mecanizadas nunca se realizan a 100% de eficiencia, ya que se presentan demoras y pérdidas de tiempo normales en la ejecución del trabajo, en consecuencia la fórmula de rendimientos quedará:

$$R = V \times A \times E$$

En donde: V = Velocidad km/h

A = Ancho de corte (real)

E = Eficiencia.

La eficiencia se refiere al porcentaje de tiempo útil o invertido en labor productiva, en relación a la labor que pudiera realizarse sin ninguna pérdida de tiempo. La Tabla 2 ilustra algunos rangos de eficiencia para operaciones agrícolas.

2.1 Cálculo de los implementos

Aplicando la fórmula $R = V \times A \times E$ podemos conocer las características del implemento para una labor:

En nuestro ejemplo de producción de maíz hemos encontrado:

$$20 \text{ días para arar o sea } \frac{200 \text{ Has}}{20 \text{ días}} = 10.0 \text{ Has/día, sería el rendimiento}$$

requerido en la labor. Se determinan el número de horas de trabajo por día dejando un margen de seguridad de 20 a 25% que incluirían feriales y problemas de diversa índole.

Si se laboran normalmente 10 horas/día se calculará con base en 8 horas/día quedando 20% de margen de seguridad.

Los rendimientos serían:

$$\frac{10 \text{ Has}}{\text{día} \times 8 \text{ horas}} = \frac{1.25 \text{ Has}}{\text{hora}}$$

Con el dato de rendimiento se calculará el ancho de arada requerido

$$R = V \times A \times E \text{ en donde: } R = 12500 \text{ m}^2/\text{hora}$$

$$V = 5000 \text{ m/h (Tabla 2)}$$

$$E = 85\% \text{ (Tabla 2)}$$

$$a = \frac{R}{V \times E}$$

$$a = \frac{12500 \text{ m}^2/\text{hora}}{5000 \times 0.85 \text{ m}} = 2.94 \text{ metros}$$

El ancho de corte requerido en el arado para las condiciones planteadas será de 300 cm aproximadamente.

El ancho de corte de un disco de 26" a 28" oscila entre 25 y 30 cm. Dependiendo de la dureza del suelo, presencia de malezas y condiciones de humedad al momento de la labor.

Asumamos para el ejemplo máximo 25 cm. de ancho de corte por disco, en consecuencia se requerirán $\frac{300 \text{ cm}}{25 \text{ cm/disco}} = 12$ discos

Se analizarán las disponibilidades de arados en el mercado para determinar qué unidades y cuántos se requieren y se establecen las alternativas que

TABLA 2. Velocidades de operación y eficiencias de campo de algunas operaciones mecanizadas.

Operación	Velocidad km/h	Eficiencia %
<u>Labranza</u>		
Arada	4 - 6.5	75 - 90
Rastrillada	4.5 - 8.0	80 - 90
Pulida	4.5 - 8.0	80 - 90
Rastra de púas	3.5 - 5.5	70 - 90
Surcada	5.5 - 8.0	80 - 90
Packers	6 - 9.0	80 - 90
Nivelación	5 - 7.0	80 - 90
<u>Siembra</u>		
Sembradora maíz algodón	4 - 6.5	65 - 80
Sembradora chorro	3 - 4.5	65 - 80
<u>Culturales</u>		
Aspersión	Variable	65 - 85
Cultivada (1)	2.5 - 4.5	60 - 80
Cultivada (2)	4.0 - 8.0	70 - 90
Guadañes	5.5 - 8.0	70 - 90

bien podrían ser: 2 arados de 5 discos y 1 de 2 discos

3 arados de 4 discos

4 arados de 3 discos

Los arados seleccionados nos dan una idea de los tractores requeridos y debe adaptarse máximo 2 alternativas para su estudio posterior.

La primera alternativa exigirá 2 tractores medianos y uno pequeño, si se considera que el pequeño es útil en la explotación puede seleccionarse.

Las otras dos alternativas requieren de tractores medianos.

Con un poco de experiencia es fácil en éste paso determinar qué alternativa deben ser estudiadas y cuáles no.

Selección del tractor

En razón del costo y de la importancia en la labor de mecanización, la selección del tractor debe ser muy cuidadosa.

Se trata de escoger la potencia requerida para realizar la ó las labores seleccionadas, como las de máximo requerimientos de energía.

Deben tenerse en cuenta algunas consideraciones como caballos de fuerza, unidades de tiro, pérdidas de potencia por altura y temperatura y restricciones de tracción.

Los caballos de fuerza en la barra de tiro pueden ser calculados mediante la siguiente fórmula:

$$HP \text{ bt} = \frac{F \times V}{273.74} \quad \text{en donde: } V = \text{Velocidad km/h} \quad HP \text{ bt} = \frac{F \times V}{273.74}$$

$$F = \text{Fuerza requerida por el implemento.}$$

La fuerza de tiro es la requerida por el implemento para ser movido en posición de trabajo. La fuerza dependerá del área de corte del implemento y de las

condiciones del suelo.

El término unidad de tiro o resistencia unitaria es la resistencia que ofrece el suelo a ser roto y/o volteado por un implemento.

La unidad se expresa en kg/cm^2 para el caso de arados y cualquier otro implemento que rompa el suelo en un área conocida o fácil de determinar. Para otros implementos se expresará en una unidad de fuerza por unidad de tamaño por ejemplo 400 kg por metro de ancho de corte.

Cuando las unidades de tiro no se han determinado para un suelo es necesario apelar al criterio utilizando valores, entre los encontrados en investigaciones. La Tabla 3 ilustra algunos de los rangos más corrientes.

El empleo de la fórmula $\text{HP bt} = \frac{F \times V}{273.74}$ se realiza de la siguiente manera:

1. Se determina la velocidad de operación
2. Se calcula la fuerza de tiro requerida por el implemento
 $F \text{ de tiro} = \text{área de corte} \times \text{resistencia al corte}$
3. Se calcula la potencia a la barra de tiro del implemento.

Para el ejemplo que traemos se plantearon 2 alternativas:

1. Arados de 4 discos y (3)
2. Arados de 3 discos (4) con una ancho de corte de 25 cm. por disco y una profundidad de 25 cm. (según el suelo, malezas y cultivo que se quiere plantar).

Suponiendo un suelo pesado (Tabla 3) con resistencia al corte de 0.8 kg/cm^2

$$\text{Fuerza de tiro} = 25 \text{ cm} \times 4 \times 25 \text{ cm} \times 0.8 \text{ kg/cm}^2 = 1.740 \text{ kg.}$$

$$\text{HP bt} = \frac{1.740 \text{ kg} \times 5}{273.74} = 31.78 \text{ HP en la barra de tiro.}$$

El mismo procedimiento se utilizará para la alternativa 2.

Se ha calculado la potencia requerida en la barra de tiro del tractor, sin embargo la potencia disponible en el tractor está afectada por varios factores.

- a. Altura sobre el nivel del mar. Los motores diesel pierden 1% por cada 300 metros de altura a partir los primeros 300 msnm.
- b. Los motores a gasolina pierden 1% por cada 100 metros a partir de los primeros 1000 msnm.
- c. Temperatura. Los motores diesel y gasolina pierden 1% de su potencia por cada 5°C. después de los 15°C. de temperatura ambiental.
- c. Pendiente. La fuerza efectiva en la barra de tiro de un tractor agrícola se disminuye en 1% por cada grado de pendiente del terreno.

Si un tractor e implemento pesan 6500 kg. y van a trabajar en una pendiente de 10% requerirá el tractor 650 kg. adicionales a los normalmente requeridos por la labor.

- d. Tracción. La potencia en la barra de tiro es sustancialmente diferente a la potencia de toma de fuerza y a la potencia en las ruedas motrices del tractor la cual depende de las condiciones del terreno y de las pérdidas que por rozamiento mecánico se ocasionan en el sistema de transmisión del tractor.

Para tractores de ruedas se han combinado los factores en lo que se denomina coeficientes de tracción y transmisión.

La Tabla 4 ilustra algunos coeficientes de tracción y transmisión.

Se ha calculado en el ejemplo que se ha venido desarrollando, una potencia de 31.78 HP a la barra de tiro, la carga del arado en el tractor puede considerarse mediana y si el suelo es firme, puede utilizarse el coeficiente de tracción y transmisión de 0.75.

TABLA 4. Coeficientes de tracción y transmisión

Estado del suelo	Carga liviana (tiro-10% de peso)	Carga Mediana	Carga pesada poco patinaje
Concreto	0.75	0.85	0.9
Suelo firme sin arar	0.6	0.75	0.8
Suelo arado pero firme	0.4	0.55	0.65
Suelo arado suelto	0.25	0.4	0.45

La potencia al toma de fuerza del tractor será:

$$\text{HP pto} = \frac{31.70}{0.75} = 42.26 \text{ HP al toma de fuerza.}$$

La altura promedio del Valle del Cauca es de 1000 msnm y el motor que utilizaremos en el tractor es diesel por razones de disponibilidad en el mercado, la temperatura promedio de 25°C.

Corrección por altura. 1% por c/300 m después de los 300 msnm

Corrección para 1000 m = 2% aproximadamente

Corrección por temperatura. 1% por cada 5°C. por encima de 15°C.

$$25 - 15 = 10^\circ\text{C.}$$

Corrección 2% por temperatura

Corrección por temperatura y altura. 4% de 42.26 HP.

$$42.26 + 4.26 \times 0.04 = 43.84 \text{ HP P.T.O.}$$

La potencia encontrada con correcciones por temperatura, altura sobre el nivel del mar y coeficiente de tracción y transmisión se refiere a un tractor operando al 100% de su carga. En tales condiciones la duración del motor sería mínima.

Se recomienda operación al 75 u 80% de la carga del motor. En consecuencia la potencia definitiva en el toma de fuerza, del tractor requerido para la explotación sería:

$$\frac{43.94}{0.8} = 54.92 \text{ HP al toma de fuerza}$$

Se ha seleccionado la unidad HP al PTO porque se considera la unidad más corriente y fácil de interpretar, ya que la potencia a la barra solamente se encuentra disponible en literatura muy especializada y de difícil consecución.

Hasta el momento se ha seleccionado el arado o arados para la explotación y el tractor requerido según la alternativa No.1 puede igualmente evaluarse la alternativa No.2 y determinar el tamaño y capacidad de los tractores.

El sistema utilizado es el de línea crítica, según necesidades de potencia de cada labor.

Se procede a continuación a seleccionar los implementos para las demás labores siguiendo el mismo proceso pero a la inversa, ya que se conoce la unidad de potencia que se utilizará. Se siguen los siguientes pasos:

1. Con la potencia conocida y con la ayuda de las tablas se calcula el ancho de corte de los implementos utilizando la fórmula:

$$HP = \frac{F \times V}{273.74}$$

en donde: F = Ancho o sección y resistencia unitaria

$$\text{Ancho del implemento} = \frac{HP \text{ barra} \times 273.74}{\text{Resistencia unitaria} \times \text{velocidad}}$$

2. Conocido el ancho de los implementos y con los datos de velocidad y eficiencia (Tabla 2), se calculan los rendimientos

$$R = A \times V \times Ef.$$

3. Con el dato de rendimiento y las 200 Has. de maíz se determina el tiempo en el cual puede realizarse la labor, teniendo en cuenta el factor de seguridad utilizado en las horas de trabajo por día.
4. Se elabora con los datos obtenidos un nuevo gráfico Gantt que será la programación definitiva de las labores mecanizadas y el auxiliar más importante para la realización del trabajo de campo.

Los imprevistos por mal tiempo, falla en los equipos, deben ser resueltos con trabajos nocturnos si las condiciones lo permiten. Este sistema permite obviar la regla de seguridad que dice "Por cada 4 tractores en operación debe existir uno de reserva" regla que resulta costosa en nuestro medio.

Si la selección hecha plantea, como es corriente varias alternativas, todas factibles, el único criterio que permitirá la selección definitiva será un análisis de costos de operación de todas las alternativas.

NOTA: El presente trabajo corresponde a una revisión bibliográfica de 20 fuentes de información de Estados Unidos, F.A.O. y latinoamérica.
