

## SELECCION DE MAQUINARIA AGRICOLA

ALBERTO ALVAREZ CARDONA \*

La Selección completa de Maquinaria Agrícola, debe comprender tres aspectos que son:

- A. Selección Económica
- B. Selección Técnica
- C. Selección Comercial,

ya que dicha selección completa de una máquina debe responder satisfactoriamente a las siguientes preguntas.

- 1o. Realizará la máquina seleccionada las funciones requeridas con máxima economía?.
- 2o. Tendrá la máquina las características técnicas requeridas para realizar las funciones asignadas?.
- 3o. Contará la máquina durante su vida económica con el suministro de repuestos y mano de obra especializada por parte del distribuidor con el fin de poder atender adecuadamente su mantenimiento?.

---

\* Profesor Asociado Dpto. Tecnología Agropecuaria

## A. Selección Económica:

Esta selección consiste en determinar el rango de potencia en la barra de tiro de un tractor que representa para el poseedor los menores costos anuales totales. Es el paso inicial en el proceso de selección y debe anteceder a la técnica y a la comercial.

Al finalizar la Planificación se conoce la potencia global requerida pero no la potencia unitaria de cada tractor.

En el presente estudio, se analizan dos sistemas de selección económica para dos casos diferentes:

- 1o. Cuando se piensa en un sólo tractor para uso propio.
- 2o. Cuando se piensa en varios tractores para uso propio.

### Consideraciones previas:

Al hacer una selección económica, se parte de la base de que no se tienen problemas de adaptabilidad de la máquina a su trabajo y sólo se trata de determinar que potencia es la que debe seleccionarse.

### Costos del tractor:

Para determinar los costos anuales totales de un tractor, que son la base de la selección económica se deben reorganizar los costos en la siguiente forma: Costos Fijos, Costos de Energía y Costos de Tiempo.

- a. Costos Fijos: Se entiende por costos fijos aquellos que se ocasionan aún en el caso de que la máquina no realice ningún trabajo, y son: INTERESES, IMPUESTOS, SEGUROS, ALOJAMIENTO, Y LA DEPRECIACION ASOCIADA A LA OBSOLESCENCIA Y AL DETERIORO POR NO USO.

Respecto a la depreciación, ésta se divide en dos: La asociada con la obsolescencia y la asociada con el uso. El primer valor se incluye en los costos fijos, y el segundo en los costos de energía. La depreciación asociada con obsolescencia puede alcanzar altos valores en aquellas máquinas que por su diseño o uso son eliminadas del mercado fácilmente por modelos más recientes; pero en el caso de maquinaria agrícola en nuestro medio, en el que se usan máquinas con equipos estandar y pocos refinamientos mecánicos y donde el mismo modelo permanece en el mercado durante varios años sin cambios técnicos sustanciales, el valor debido a esta depreciación es muy bajo o nulo; valor éste que queda a juicio del analista. Dentro de esta depreciación se incluye también el valor correspondiente al deterioro debido al NO USO. Este valor es difícil de determinar y se puede considerar nulo en todos aquellos casos en que la utilización anual de la máquina está dentro de los promedios normales.

En caso en que su utilización esté por debajo del promedio, la depreciación dependerá del tipo de mantenimiento que reciba la máquina, ya que existe mantenimiento adecuado para máquinas en INACTIVIDAD que impide el de-

terioro por no uso. Por tanto este cálculo del valor por depreciación debida al NO USO, queda a juicio del analista.

- b. **Costos de Energía:** Comprende aquellos costos que están en proporción directa a la cantidad de trabajo que realice el tractor sin importar la potencia del mismo, o sea que se miden como costos por unidad de trabajo: 
$$\frac{\$}{HP - Ho}$$
- c. **Costos de tiempo:** Comprende aquellos costos que son directamente proporcionales al número de horas que el tractor trabaje, y son independientes de la potencia del tractor. Normalmente dentro de estos costos el más importante es el salario del o de los operarios; siguiéndole el costo que por pérdida en la producción potencial se ocasiona cuando existe una demora en entregar o terminar una labor, estos costos se denominan de "Tiempo Oportuno" y su cálculo es muy incierto en nuestro medio, donde no hay estadísticas que muestren la pérdida que se ocasiona al demorar un tiempo adicional la siembra y cosecha de un cultivo determinado (una forma) para calcular este valor de tiempo oportuno, se analizará en el presente estudio, que deberán usarse con mucho cuidado y solamente cuando no se tengan datos reales para las condiciones específicas que se analizan.

Con base en los costos antes definidos, se tendrá que el Costo Anual total de una máquina será:

$$(1) \text{ Costo Anual Total (Z)} = \text{Costos Fijos} + \text{Costos Energía} + \text{Costos Tiempo}$$

Para fijar la ecuación que determina los costos, se debe tener presente lo siguiente:

- 1o. El precio de compra o costo inicial comprende el valor de tractor más el de los implementos, accesorios, instalaciones locativas, y en general el valor de todo aquello que deba adquirirse cuando se compre el tractor. Estos precios son directamente proporcionales a la potencia del tractor en su toma de fuerza a su velocidad estandar del toma de fuerza.
- 2o. Los costos por operario (s), comprenden solamente los ocasionados por el pago de las horas en que el tractor es manejado por el operario.
- 3o. La cantidad de trabajo que puede realizar un tractor en una unidad de área dada, depende fundamentalmente del cultivo y sus operaciones, del suelo, la topografía y el clima, y puede ser calculado en términos de Hp-hora; siendo este valor independiente de la potencia del tractor usado.

PRIMER CASO: Cuando se piensa en un sólo tractor para uso propio.

Nomenclatura:

A: Expresado en  $\%$ , representa la relación entre los costos fijos anuales de una máquina con relación a los precios de compra.

K:  $\frac{\$}{\text{hp} \cdot \text{tdf}}$  ; expresa el valor por hp en tdf de la maquinaria a adquirir. En nuestro medio se pueden encontrar cuatro o más valores diferentes de k, para diferentes rangos de potencia así:

K<sub>0</sub>: para minitractores de menos de 20 hp de potencia en la barra de tiro.

K<sub>1</sub>: para tractores de potencia baja entre 20 y 45 hp de máxima potencia en la barra de tiro.

K<sub>2</sub>: para tractores de potencia media entre 45 y 80 hp de potencia máxima en la barra de tiro.

K<sub>3</sub>: para tractores de alta potencia de más de 80 hp como potencia máxima en la barra de tiro.

H: Comprende la potencia en hp en el tdf a la velocidad estandar del tdf.

B:  $\frac{\$}{\text{hp} - \text{ho}}$  : comprende el costo de: Lubricantes, combustibles, depreciación por uso, mantenimiento y reparación, por caballos-hora.

T:  $\frac{\text{Ho}}{\text{año}}$  : comprende las horas/año de utilización del tractor:

$$T = \frac{L \cdot W}{H} \quad (2)$$

siendo: L = área trabajada anualmente por el tractor.

W = Hp - Ho requeridos anualmente por unidad de área.

C:  $\frac{\$}{\text{Ho}}$  : comprende los costos de operación, que son proporcionales al tiempo de trabajo; incluye principalmente los costos de operario.

Con base en las definiciones anteriores se puede expresar la ecuación (1) en los siguientes términos:

$$Z = A \cdot K \cdot H + B \cdot H \cdot T + C \cdot T \quad (3)$$

Dimensionando la ecuación (3), tenemos:

$$Z \left( \frac{\$}{\text{año}} \right) = A \left( \frac{\%}{\text{año}} \right) \cdot K \left( \frac{\$}{\text{Hp}} \right) \cdot H (\text{Hp}) + B \left( \frac{\$}{\text{Hp} - \text{Ho}} \right) \cdot H (\text{Hp}) \cdot T \left( \frac{\text{Ho}}{\text{año}} \right) + C \left( \frac{\$}{\text{Ho}} \right) \cdot T \left( \frac{\text{Ho}}{\text{año}} \right)$$

$$Z \left( \frac{\$}{\text{año}} \right) = A \cdot K \cdot H \left( \frac{\$}{\text{año}} \right) + B \cdot H \cdot T \left( \frac{\$}{\text{año}} \right) + C \cdot T \left( \frac{\$}{\text{año}} \right)$$

Reemplazando el valor de T, ecuación (2) en la ecuación (3), tenemos:

$$Z = A \cdot K \cdot H + B \cdot L \cdot W + \frac{C \cdot L \cdot W}{H} \quad (4)$$

Al derivar Z con respecto a H, igualar esta 1a. derivada a 0 y despejar H, se estará calculando un H para Z mínimo.

$$\frac{dZ}{dH} = A \cdot K - \frac{C \cdot L \cdot W}{H^2} \quad (5)$$

$$\text{igualando a 0 tenemos: } A \cdot K - \frac{C \cdot L \cdot W}{H^2} = 0 \quad (6)$$

$$\therefore A \cdot K = \frac{C \cdot L \cdot W}{H^2} \quad (7)$$

$$A \cdot K \cdot H = \frac{C \cdot L \cdot W}{H} = C \cdot T \quad (8)$$

O sea, cuando los costos fijos son iguales a los del tiempo.

$$H_{\min} = \left[ \frac{C \cdot L \cdot W}{A \cdot K} \right]^{1/2} \quad (9)$$

Hasta la ecuación (9), se calcula la H que tendrá los menores costos anuales, pero en la realidad esta H se vé incrementada por el costo de "tiempo oportuno". Este costo se denomina D y se expresa en  $\frac{\$}{\text{Ha} - \text{Ho}}$ , se suma a los costos de tiempo, quedando la ecuación (4) así:

$$Z_{\text{real}} = A \cdot K \cdot H_{\text{real}} + B \cdot L \cdot W + \frac{L \cdot W}{H_{\text{real}}} (C + D \cdot L) \quad (10)$$

Ecuación ésta que al derivarla con relación a  $H_{\text{real}}$ , igualar esta derivada a 0 y despejar  $H_{\text{real}}$ , tenemos:

$$\frac{dZ_{\text{real}}}{dH_{\text{real}}} = A \cdot K - \frac{L \cdot W (C + L \cdot D)}{H_{\text{real}}^2} = 0 \quad (11)$$

$$A \cdot K = \frac{L \cdot W (C + L \cdot D)}{H_{\text{real}}^2} \quad \therefore \quad H_{\text{real}}^2 = \frac{L \cdot W (C + L \cdot D)}{A \cdot K}$$

$$H_{\text{real}} = \left[ \frac{L \cdot W (C + L \cdot D)}{A \cdot K} \right]^{1/2} \quad (12)$$

Al reemplazar el valor  $H_{\text{real}}$  (ecuación 12) en la ecuación 10, tendremos el valor de  $Z_{\text{real}}$

$$Z_{\text{real}} = B \cdot L \cdot W + 2 \sqrt{A \cdot K (C + L \cdot D) L \cdot W} \quad (13)$$

Como se aprecia, la diferencia entre  $H$  mínima, ecuación (9) y  $H$  real ecuación (12), está en que en ésta última se introduce el factor  $D$ , siendo muy significativa la diferencia entre los dos valores de  $H$ , hasta tal punto que la  $H$  mínima no tiene significado en la práctica.

**CALCULO DE D:** El método enunciado a continuación es experimental y por tanto su uso debe ser cuidadoso.

Partimos de la base de que los costos mínimos anuales ( $Z_{\text{min}}$ ), se producen en una máquina, cuando los costos fijos anuales son iguales a los costos de tiempo anuales, es decir, cuando:

$$K \cdot A \cdot H = \frac{C \cdot L \cdot W}{H} \quad ; \text{ deducción ésta que se hace con base en la ecuación (7) de éste mismo estudio.}$$

Como se puede apreciar, hasta el momento no se incluye en el costo anual mínimo ( $Z_{\text{min}}$ ) el concepto de  $D$ . Por tanto, cuando no se produce el costo mínimo anual, sino un costo anual real, mayor que el mínimo, la diferencia entre ambos deberá ser causada por  $D$ , o sea:

$$F(D) = \frac{K \cdot A \cdot H^2 - C \cdot L \cdot W}{H} \quad (14)$$

$$\text{ó} \quad F(D) = \frac{C \cdot L \cdot W - K \cdot A \cdot H^2}{H} \quad (15)$$

Siendo  $F(D)$  diferente de 0.

Ya que se asume que los costos adicionales  $D$  incrementan los costos de tiempo.

Al realizar el análisis dimensional encontramos que el lado derecho de la ecuación (14) tiene por unidades: pesos.

$$\begin{aligned} & \frac{K \left( \frac{\text{o/o}}{H_p} \right) \cdot A \left( \frac{\text{o/o}}{H_o} \right) \cdot H^2 (H_p^2) - C \left( \frac{\$}{H_o} \right) \cdot L (H_a) \cdot W \left( \frac{H_p - H_o}{H_a} \right)}{H (H_p)} \\ &= \frac{H_p \cdot \$ - H_p \cdot \$}{H_p} \\ &= (\$) \end{aligned}$$

Por tanto, el lado izquierdo debe tener las mismas unidades (4) o sea que:

$D \frac{\$}{\text{Ha} - \text{Ho}}$  deberá multiplicarse por  $\text{Ha} - \text{Ho}$  o sea por  $L (\text{Ha}) \cdot T (\text{Ho})$ , para obtener la  $F (D)$  en pesos, por tanto  $F (D)$  será:  $D \cdot L \cdot T$  o sea que la ecuación (14) quedará:

$$D \cdot L \cdot T = \frac{K \cdot A \cdot H^2 - C \cdot L \cdot W}{H} \quad (16)$$

Al reemplazar  $H$  por su valor, ecuación (2), tenemos:

$$D \cdot L \cdot T = \frac{K \cdot A \cdot H^2 - C \cdot L \cdot W}{L \cdot W/T} \quad (17)$$

o sea que

$$D = \frac{K \cdot A \cdot H^2 - C \cdot L \cdot W}{L^2 \cdot W} \quad (18)$$

La ecuación (18) puede ser transformada así:

$$D = \frac{K \cdot A \cdot H^2}{L^2 \cdot W} - \frac{C \cdot L \cdot W}{L^2 \cdot W} = \frac{(K \cdot A \cdot H)H}{L^2 \cdot W} - \frac{C}{L}$$

sí

$$\frac{H}{L \cdot W} = \frac{1}{T}$$

tenemos:

$$D = (K \cdot A \cdot H) \frac{1}{T \cdot L} - \frac{C}{L} = \frac{1}{T \cdot L} \left( \text{Costos fijos anuales} - \frac{\text{Cost. anuales oper}}{\text{KAH}} \right) \text{CT}$$

$$D = \frac{1}{L} \left( \frac{\text{Costo fijo}}{\text{hora}} - \frac{\text{Costo operativo}}{\text{hora}} \right)$$

ó

$$D = \frac{1}{L} \left( \frac{\text{Costo operativo}}{\text{hora}} - \frac{\text{Costo fijo}}{\text{hora}} \right) \quad (19)$$

## SEGUNDO CASO:

Se trata de seleccionar varios tractores para uso propio (no alquilar) en tal forma que los costos anuales totales sean mínimos. En este caso de selección, hay que realizar dos determinaciones que son: Potencia unitaria de cada tractor y número óptimo de tractores. Ambos datos están íntimamente relacionados en este estudio. El costo anual ( $Z$ ) puede expresarse como:



$$Z = A . K . H . N + B . S . W + (C . N + S . D) \frac{S . W}{H . N} \quad (20)$$

Siendo:

N: El número de tractores requeridos para la finca.

S: Extensión total de la finca, es igual a  $N \cdot L$ . Cuando L se define como la extensión que un tractor puede atender en un año.

Para encontrar la solución a la ecuación (20), se puede expresar así:

$$\frac{Z}{S . W} = \frac{A . K . H . N}{S . W} + B + \frac{C}{H} + \frac{S . D}{H . N} \quad (21)$$

Siendo: 
$$\frac{Z}{S . W} = \frac{\$}{\text{Ha} \frac{\text{HP} - \text{Ho}}{\text{Ha}}} = \text{Costo/HP} - \text{Ho}$$

o sea unidad de trabajo.

Y  $\frac{H . N}{S} =$  Potencia total/unidad de área. Este valor será el optimizado.

La derivada de  $\frac{Z}{S . W}$  con respecto a  $\frac{H . N}{S}$ , será:

$$\frac{d(Z/S.W)}{d(H.N/S)} = \frac{A.K}{W} - \frac{D.S^2}{(H.N)^2} \quad (22)$$

que al igualarla a 0 permite calcular la  $\frac{H . N}{S}$  mínima:

$$\frac{A . K}{W} - \frac{D . S^2}{(H . N)^2} = 0 \quad \therefore \frac{H . N}{S} = \left[ \frac{D . W}{A . K} \right]^{1/2} \quad (23)$$

Este valor de  $\frac{H . N}{S}$  se puede definir como el nivel óptimo de potencia por unidad de área y puede aplicarse a cualquier tamaño de tractor.

A partir de la ecuación (23), se puede determinar el valor de N óptimo para cualquier tipo de finca, siempre y cuando se asuma un H.



$$N = \frac{S}{H} \sqrt{\frac{D \cdot W}{A \cdot K}} \quad (24)$$

$$H = \frac{S}{N} \sqrt{\frac{D \cdot W}{A \cdot K}} \quad (25)$$

que permite calcular la H óptima para un N dado.

También, a partir de la misma (23), se puede determinar:

Costo por HP – Ho óptimo:

$$\frac{Z}{S \cdot W} = B + \frac{C}{H} + 2 \sqrt{\frac{D \cdot A \cdot K}{W}} \quad (26)$$

y Costo Anual Total óptimo:

$$Z = B \cdot S \cdot W + C \cdot S \cdot W/H + 2 \cdot S \sqrt{D \cdot A \cdot K \cdot N} \quad (27)$$

y el tiempo óptimo T se trabajó por año para un tractor puede determinarse a partir de la ecuación (23) así:

$$\frac{W}{S \cdot W} = T \text{ óptimo}$$

Ec. (23)

$$T \text{ óptimo} = \frac{W}{\left[ \frac{D \cdot W}{A \cdot K} \right]^{1/2}} = \sqrt{\frac{W \cdot A \cdot K}{D}} \quad (28)$$

Una vez determinado el H óptimo de las máquinas a seleccionar, puede presentarse el caso de que varios tractores con potencias dentro del rango seleccionado presenten además características similares en precio, distribuidor, calidad de fabricación, etc. Cuando estos casos se presentan se puede efectuar una selección TECNICA por el método que a continuación se expone.

#### B. Selección Técnica:

Representaremos por "A" y "B" dos tractores disponibles en el mercado y que ofrecen básicamente las mismas condiciones técnicas, así como la misma facilidad de disponer, por parte de sus distribuidores, de los servicios y reparaciones durante los años de trabajo de la máquina, además de un precio más o menos similar. Las variables que vamos a considerar son las siguientes:

$X_a$  : Precio de compra del tractor "A" (con lastre).

- $W_a$  :           Peso del tractor "A" en libras, (peso con lastres).
- $M.(HPBT)_a$  :   Máxima potencia en la barra de tiro del tractor "A" con el 100<sup>o</sup>/o de carga.
- $P_a$  :           Consumo de combustible en galones/hora del tractor "A" con 100<sup>o</sup>/o de carga.
- $T_a$  :           Máximo tiro en libras con 100<sup>o</sup>/o de carga del tractor "A" y por semejanza.
- $X_b$  :           Precio de compra del tractor "B" (con lastre).
- $W_b$  :           Peso del tractor "B" en libras (con lastre).
- $M.(HPBT)_b$  :   Máxima potencia en la barra de tiro del tractor "B" con el 100<sup>o</sup>/o de carga.
- $P_b$  :           Consumo de combustible en galones por hora del tractor "B" con el 100<sup>o</sup>/o de carga.
- $T_b$  :           Máximo tiro en libras con el 100<sup>o</sup>/o de carga del tractor "B".

Vale la pena aclarar, que estos datos o variables que consideramos, se encuentran en las especificaciones del respectivo tractor (o en su catálogo), o bien en las llamadas "pruebas de Nebraska" ó en los códigos normalizados de la O.C.D.E. ó en las pruebas de la Universidad de MANITOBA.

Nuestro objetivo, consiste en hallar los índices de capacidad de cada uno de los tractores, para las labores de preparación de tierras: arada y rastrillada, que son las labores en las cuales hay un mayor grado de mecanización y requerimiento de potencia en Colombia.

Las labores a considerar entonces serían: arada y 1a. rastrillada, asumiendo que los dos tractores van a trabajar en igualdad de condiciones de suelo, cultivo, etc.

Los pasos a seguir serían los siguientes:

#### 1. Arada: Con arado de tiro.

- 1.1 Hallar bien sea por medio de tablas o de figuras (fig. 2), el tiro unitario requerido por disco para ese tipo de suelo, a una velocidad de trabajo previamente fijada (V).
- 1.2 Hallar la profundidad de arada, y con base en ésta calcular el área de contacto entre el arado y el suelo.
- 1.3 Una vez hallados los dos factores anteriores, se halla el tiro necesario por disco ( $T_1$ ) a esa velocidad previamente fijada (V).

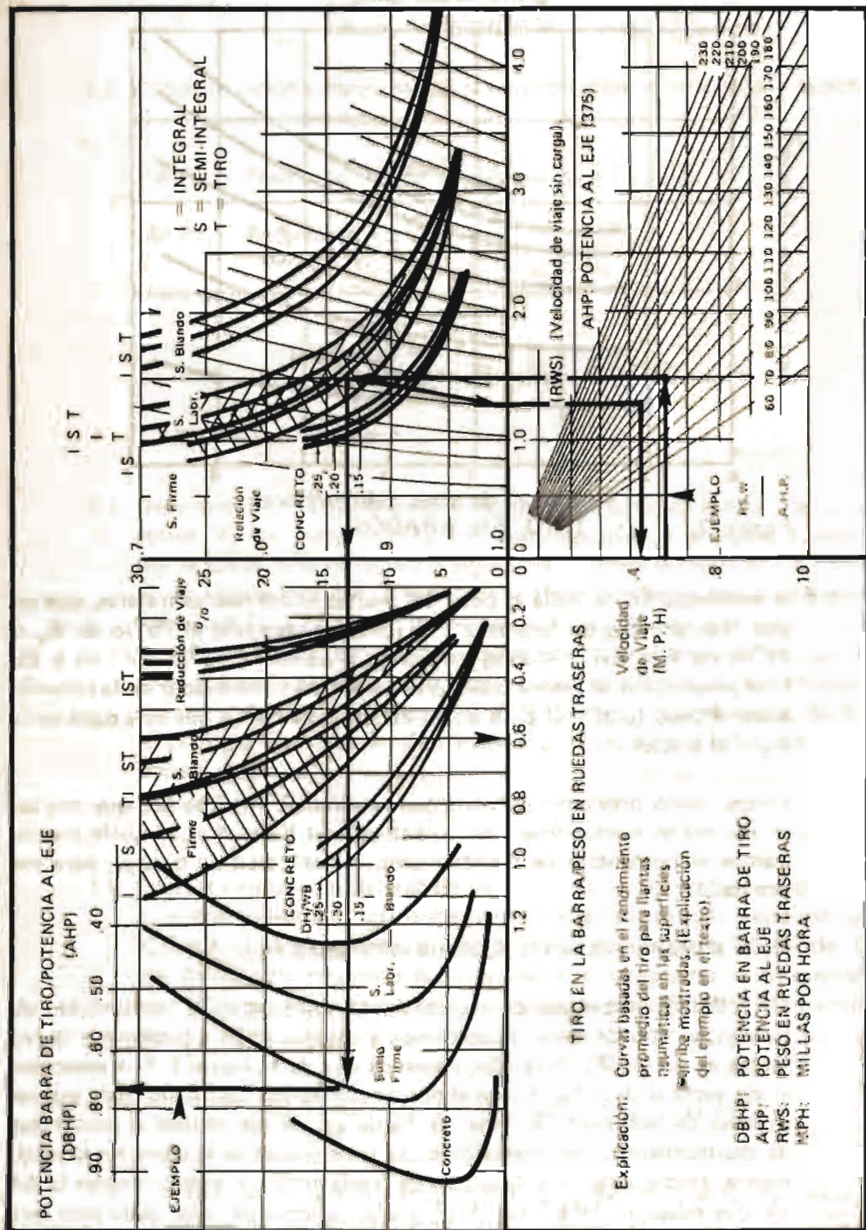


Figura 1. DESEMPEÑO EN LA BARRA DE TIRO DE UN TRACTOR DE DOS LLANTAS DE TRACCION NEUMATICAS.

Tiro lbs : Tiro unitario (1b/pulg<sup>2</sup>) x  
 ancho de corte (pulg) x  
 profundidad (pulg.)

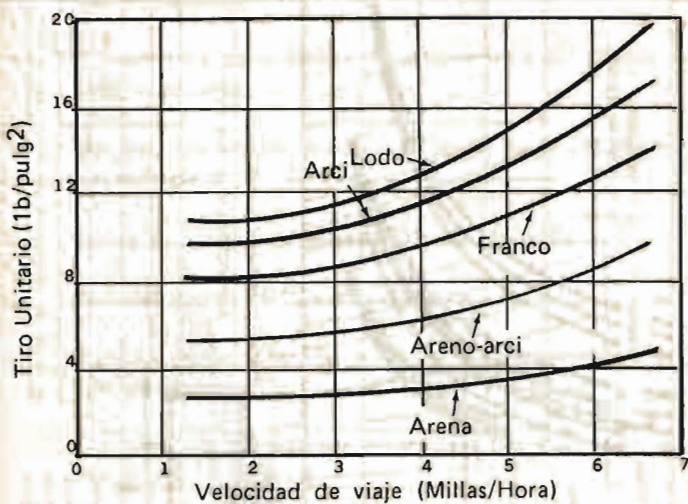


Figura 2. TIRO EN ARADOS

1.4 A continuación, se halla el peso del tractor en las ruedas traseras, que según "Las pruebas de Nebraska", es aproximadamente el 75% de  $W_a$ , ó 75% de  $W_b$ :  $RWT = \text{Peso en ruedas traseras} = 75\% W . (A \text{ ó } B)$ . Esta proporción se asume cuando se carece del dato exacto de la relación entre el peso total y el peso en las llantas traseras, ya que éste dato varía según el tractor.

1.5 Luego, como previamente habíamos establecido máximo tiro que nos suministraba el tractor (dado en las pruebas de Nebraska), también encontramos el porcentaje de deslizamiento o reducción de trabajo, para ese tiro dado.

Hasta ahora conocemos la siguiente información:

M . (HPBT), porcentaje de deslizamiento, conocemos la profundidad de trabajo, el tipo de suelo. Procedemos a continuación a determinar la potencia al eje (AHP). Para ello, hacemos uso de la figura 1. Entramos por el eje vertical de la fig. 1, con el porcentaje de deslizamiento dado por las pruebas de Nebraska (S). Una vez fijado en ese eje vertical el porcentaje de deslizamiento, nos movemos hacia la izquierda de la curva horizontalmente. Hecho esto, nos desplazamos hacia arriba, e interceptamos la del eje que relaciona HPBT con AHP, y encontramos un valor dado para esta relación:

$$\frac{HPBT}{AHP} = R_1$$

Luego  $AHP = \text{potencia al eje} = (HPTB)/R_1$ , ya que  $R_1 < 1.0$

Tenemos entonces que:

$$AHP = (HPBT)/R_1 = (AHP)_1$$

1.6 A continuación determinamos la relación entre el peso total y la potencia al eje, antes encontrada:

RWT: Peso total tractor en las llantas de tracción.

$(AHP)_1$ : Potencia al eje.

O sea que

$$\frac{RWT}{(AHP)_1} = R_2 \quad (\text{Lbs/HP})$$

1.7 Determinamos luego el porcentaje de deslizamiento actual y la velocidad actual  $V_2$  de trabajo. Para ello hacemos uso de la figura 1, entramos por la parte inferior de dicha figura y señalamos la relación  $RWT/(AHP)_1 = R_2$  libras por HP y seguimos la línea pendiente hasta interceptar la velocidad ( $V_1$ ) de arada previamente fijada. Luego nos movemos hacia arriba hasta encontrar la curva correspondiente al arado de tiro que teníamos, y para el tipo de suelo que estamos laborando. A continuación nos movemos hacia la izquierda, y encontramos una reducción de trabajo  $(R_3)^0/0$ , y una relación de trabajo  $R_4$ . O sea que la velocidad actual de trabajo será:

$$R_4 \times V_1 = V_2 \quad (\text{MPH ó KPH})$$

1.8 Con esta reducción de trabajo de  $(R_3)^0/0$ , la determinamos en la figura 1, y nos movemos horizontalmente hacia la izquierda hasta interceptar la curva correspondiente al tipo de suelo que estamos laborando; fijado este punto nos movemos hacia arriba, e interceptamos el eje que relaciona HPBT y AHP para las circunstancias de trabajo y nos da una relación  $R_5$ .

$$\frac{HPBT}{AHP} = R_5 \quad \therefore \quad HPBT = (AHP)R_5$$

1.9 Una vez encontrada esta potencia en barra de tiro, con las modificaciones ya hechas, determinamos el tiro suministrado, así:

$$HPBT = \frac{\text{Tiro (lbs)} \cdot V_1 \text{ (MPH)}}{375} \quad \text{ó}$$

$$\text{HPBT} = \frac{\text{Tiro (Kgms)} \cdot V_1 \text{ (KPH)}}{274}$$

Luego:

$$\text{Tiro (lbs)} = \frac{(\text{HPBT}) \cdot 375}{V_1 \text{ (MPH)}} \quad \text{ó } T_2$$

$$\text{Tiro (Kgms)} = \frac{(\text{HPBT}) \cdot 274}{V_1 \text{ (KPH)}} \quad T_2$$

- 1.10 Una vez determinado el tiro suministrado por el tractor (cualquiera de los dos) y conocido el tiro necesitado por disco  $T_1$ , encontramos con la siguiente relación:

$$T_1 \left( \frac{T_2 \text{ (lbs. ó kgms)}}{\text{disco}} \right) = \text{No. discos arado} = N_1$$

A una velocidad  $V_1$  (o sea, el No. de discos que puede tener el arado que puede tirar el tractor "A").

Semejantes cálculos se hacen para el tractor "B".

## 2. Rastrillada:

Muy semejante al anterior es el procedimiento:

- 2.1 Se halla por medio de tablas, y para el suelo dado y a la velocidad dada el tiro unitario que puede ser dado en libras por pie de ancho ó en kilogramos por centímetros de ancho.
- 2.2 Se obtiene, por el mismo procedimiento anterior el tiro suministrado por el tractor "A", con las condiciones de trabajo impuestas por la rastrillada. El tiro suministrado por el tractor es el mismo  $T_2$  anterior.

Una vez conocido el tiro requerido por ese rastrillo bajo esas condiciones, calculamos entonces el ancho que puede tener el rastrillo que puede arrastrar el tractor "A", así:

$$T_3 \frac{T_2 \text{ (lbs. ó kgms)}}{\text{pie ancho} \cdot \text{cmt. ancho}} = \text{Ancho rastrillo} = M_1$$

Semejantes cálculos se hacen para el tractor "B".

( $N_2$  : No. de discos;  $M_2$  : ancho del rastrillo).

3. A continuación encontramos la capacidad de arar y rastrillar del tractor "A" y luego la capacidad de arar y de rastrillar del tractor "B".

3.1 Capacidad de arar del tractor "A":

C. "A" =  $N_1 K_{1a}$  = Has/hora, ó  $M^2$ /hora, siendo  $K_{1a}$  una constante igual a:

$$K_{1a} = (\text{ancho corte/disco} \times V_{2a} \times \text{eficiencia}_1)$$

3.2 Capacidad de arar del tractor "B":

C. "B" =  $N_2 K_{1b}$   $\therefore$   $K_{1b} = (\text{ancho corte/disco} \times V_{2b} \times \text{eficiencia}_2)$

3.3 Capacidad de rastrillar del tractor "A":

$S_A = M_1 K_{2a}$ , siendo  $K_{2a}$  una constante igual a:

$$(V_{2a}^1 \times \text{eficiencia}_2)$$

Las eficiencias para arar y rastrillar pueden presumiblemente ser iguales.

3.4 Capacidad de rastrillar del tractor "B":

$S_B = M_2 K_{2b}$ , siendo  $K_{2b} = V_{2b}^1 \times \text{eficiencia}$ .

4. A continuación hallamos los índices de capacidad para arar y rastrillar de cada uno de los tractores (I.A., I.B.).

4.1 I.A : Índice de capacidad del tractor "A"

$$I.A = N_1 K_{1a} + M_1 K_{2a} = \frac{\text{Hora}}{\text{has}} ; \frac{Mt^2}{\text{Hora}} ; \frac{\text{acres}}{\text{Hora}} , \text{ etc.}$$

5. A continuación debemos calcular el costo-hora de operación del tractor "A", arando y rastrillando y el costo-hora de operación del tractor "B" arando y rastrillando.

5.1 Costo-hora del tractor "A":

Datos supuestos:

5.1.1 Amortización.

5.1.2 Reparación y mantenimiento.

$V_o =$  Valor inicial (compra).

$V_1 = V_o -$  Valor de las llantas.

$V_r =$  Valor residual  $= 10^o/o V_1$

$V_a =$  Valor amortizable.

$N_u = 10.000$  horas (Dato supuesto).

$T = 15^o/o$  (Dato supuesto).

### 5.1.3 Amortización.

$$A.M_1 = \frac{V_a}{2(N_u)} [2 + T(N_u + 1)] = Z_1 (\$/H_o)$$

### 5.1.4 Reparación y mantenimiento.

Suponemos  $60V_1$

$$60^o/o V_1 = \frac{60}{100} (V_o - \text{Valor llantas}) = Z_2 (\$/H_o)$$

### Costos Variables:

#### 5.2.1 Directo ó de operación.

##### 5.2.1.1 Salario de Tractorista.

Así mismo un salario de  $\$ Z_3$  por hora, prestaciones,  $\$ Z_4$ , por hora; o sea que el total del salario hora para el tractorista es de  $\$ Z_3 + Z_4 = \$ Z_{3+4}$ /hora.

##### 5.2.1.2 Combustible tractor "A".

Teníamos que  $P_a$  - consumo de combustible del tractor "A" en pesos por hora; y supongamos que el galón tenga un precio por galón de  $\$ Z_5$ , o sea que el costo-hora de combustible será:

$$(P_a) (Z_5) = \$ Z_6 \text{ - hora}$$

##### 5.2.1.3 Lubricante.

Asumimos como consumo de lubricante un  $2^o/o$  del consumo de combustible; o sea:  $0.02 P_a$ .



A un costo de \$  $Z_7$  por galón o sea que el costo-hora lubricante será:

$$\$ Z_7 (0.02 P_a) = \$ Z_8/\text{hora.}$$

Costos totales/hora para el tractor "A".

$$\begin{aligned} \text{C.T./hora "A"} &= (\text{costos fijos} + \text{variables}) \\ &= \$ (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_6 + Z_8)/\text{hora} \\ &= \$ Z_{T_a}/\text{hora.} \end{aligned}$$

De la misma manera calculamos los costos totales-horarios de operación para el tractor "B", y nos dará:

$$\text{Costos totales/hora tractor "B"} = \$ Z_{T_b}/\text{hora.}$$

$$\text{C.T.H "B"} = \$ Z_{T_b}/\text{hora.}$$

## 6. Comparación de costos horarios contra índice de capacidad.

### 6.1 Índice para tractor "A":

Es igual al costo/hora del tractor "A" dividido por el índice de capacidad del tractor "A" para arar y rastrillar, o sea:

$$\frac{\$ Z_{T_A}/\text{hora}}{\text{I.A.} \left( \frac{\text{Has}}{\text{Hora}} : \frac{\text{acres}}{\text{Hora}}, \text{ etc.} \right)} = \text{I.T.A.} = \$/\text{Ha, acre.}$$

### 6.2 Índice para tractor "B":

$$\frac{\$ Z_{T_B}/\text{hora}}{\text{I.B.} \left( \frac{\text{Has}}{\text{Hora}} : \frac{\text{acres}}{\text{Hora}}, \text{ etc.} \right)} = \text{I.T.B.} = \$/\text{Ha, acre, etc.}$$

La pregunta sería entonces: Calculados ya tales índices, cuál tractor debe seleccionarse?.

Supuestas las condiciones anteriores, es decir, aquellas que un principio planteábamos de la existencia en un determinado momento de dos o tres tractores, que ofrecen aparentemente las mismas garantías, e inclusive, una cierta similitud o una diferencia significativa de precios, etc., entonces por éste método, lo más conveniente y lógico sería seleccionar aquel tractor que presente un menor índice de costo por unidad de superficie,

es decir:

Si I.T.A. > I.T.B., seleccionaríamos el tractor "B", y lo contrario.

Otra posibilidad sería que en un momento dado, se tuviera en el mercado dos tractores distintos, uno de mayor potencia que el otro; está dentro de las posibilidades, que el tractor de menor potencia, a simple vista no sea el más adecuado para la explotación de que se trate, pero quizá sometiéndole a este análisis resulte ser más eficiente que el tractor de mayor potencia.

### C. Selección Comercial:

Esta selección comercial se hace básicamente en dos aspectos que son: Las características del distribuidor y las características externas del tractor.

#### 1. Las características del distribuidor: Deben analizarse los siguientes aspectos:

- a. Tradición y estabilidad de la firma como empresa comercial distribuidora de ésta máquina y otras similares. Esta tradición permite proyectar hacia un futuro su estabilidad como distribuidor aspecto éste importantísimo al comprar una máquina. También deben estudiarse las sucursales en otras ciudades que puedan suplir la falla de este distribuidor.
- b. Disponibilidad y precio de repuestos: Este aspecto debe analizarse a fondo, para conocer detalles como política de importación, si ésta la hacen directamente o son intermediarios, si tienen conexiones con otras distribuidoras que pueden suministrarle los repuestos, sus precios en comparación con otras marcas de la competencia.
- c. Mano de obra y talleres especializados: Todas las máquinas y sobre todo aquellas más refinadas tienen aspectos mecánicos complejos (calibraciones, llaves y equipos específicos, etc.) que hacen necesario mecánicos y talleres buenos para poder atenderlas, por tanto, debe buscarse que el distribuidor posea estos dos servicios.

#### 2. Características externas del tractor:

Al seleccionar un tractor ó máquina autopropulsada, debe analizarse además de todos los aspectos antes enunciados, detalles externos de fabricación y diseño que influyen enormemente en el desempeño de la máquina ya que tienen que ver con la comodidad del operario y la funcionalidad de sus diferentes mandos, aspectos que influirán a su vez en la mejor eficiencia de la máquina.

A continuación se enunciarán algunos aspectos externos que deben analizarse:

##### Motor:

Facilidad de arranque.

- Aceleración (desboque).
- Acceso a las principales piezas.

#### Embrague:

- Accionamiento (suave, duro, etc.).
- Progresivo.
- Facilidad de regulación y cambio.

#### Caja de cambios:

- Escalonamiento de los cambios.
- Posición de la palanca.
- Sincronización de los cambios.

#### Frenos:

- Independientes para cada rueda.
- Facilidad de regulación.
- Frenos de parqueo.

#### Asiento:

- Facilidad de acceso.
- Regulación de la posición.
- Regulación por peso.
- Evacuación rápida y fácil.

#### Otros Aspectos:

- Capacidad de la caja de herramienta.
- Espejo retrovisor.
- Cabina.
- Facilidad de colocar contrapesos delanteros.
- Separación entre guardabarros y las llantas.
- Colocación de la batería.
- Vibración del motor.
- Situación del filtro de aire.
- Distancia al suelo.
- Variabilidad de la trocha.
- Sistema de enganche en la barra de tiro.
- Sistema de toma de fuerza.
- Posibilidad de adaptación de polea.

#### Dirección:

- Posición del volante.
- Esfuerzo para manejo del volante.
- Facilidad de maniobra para curvas cerradas.

### Mandos:

- Posición de los mandos.
- Falta de algún instrumento.
- Iluminación nocturna de los mandos.
- Posición y accesibilidad mando hidráulico.
- Posición y accesibilidad traba del diferencial.

### Luces:

- Posición, protección y capacidad de las luces principales frontales.
- Otras luces: direccionales, frenos, estacionamiento.

## Bibliografía:

1. Adimagro. Asociación de importadores y distribuidores de maquinaria agrícola. Informe de importaciones de Maquinaria y repuestos. 1967.
2. Agricultural Engineers Yearbook. American Society of Agricultural Engineers. ASAE. p. 256 - 261. Mayo, 1968.
3. Agricultural Engineers Yearbook. American Society of Agricultura Engineers. ASAE. p. 314 - 318. Junio, 1973.
4. BAINER, R., KEPNER, R.A. and BARGER, E.L. Principles of farm machinery. Third Edition John Wiley Sons, Inc. New York. p. 321 - 323. 1963.
5. BARGER, E.L. Tractor and their Power Units. Second Edition. New York. John Wiley Sons. 1963.
6. CADAVID, Germán. Selección de maquinaria agrícola. Seminario U. Nal. Fac. Ciencias Agrícolas. p. 11 - 12. 1969.
7. CHANCELLOR, W. "Selecting optimun sized tractors for development of Agricultural Mechanization" transactions of the ASAE. V(11) No. 4. p. 503. Julio - Agosto, 1968.
8. CIPE, Estudio del mercadeo latinoamericano de maquinaria e implemtos agrícolas. 1968.
9. Code Normalisé de L' O.C.D.E. pour les essais officiels de tracteurs agricoles. Organisation de coopération et développement économiques. Paris. 1970.
10. HUNT, Donell. Farm power and machinery management. Iowa State. University. Fourth Edition. 1967.
11. Implement and tractor. Red Book. Enero, 1961.
12. Máquinas a ensayo. Laboreo, revista de la Nueva Agricultura Española. No. 25. 1971.
13. Nebraska Tractor Test. Agricultura de las Américas. p. 58. No. 1. 1958.
14. LINK, D.A. 1967. Activity network techniques applied to a farm machinery selection problem. ASAE. Trans. 10 No. 3: 310 - 17. 1967.
15. HUNT, D. 1967. FORTAN Program for selecting far equipment Ag. Eng. 48: 332 - 5. 1967.
16. CONSTIEN, E.J. 1966. How to buy used machinery. Hoards 111: 1029.S - 10. 1966.
17. BERGE, O.I. 1963. Be careful when buying used machinery Hoards 108: 450. Ap. 10. 1963.
18. HUNT, D.R. 1963. Efficient field machinery selection. Ag. Eng. 44: 78 - 9. 1963.

19. HULL, D.D. 1964. How much machinery do I need?. Successful farming. 52: 82 - 3, J. 1964.
20. HOOVER, L.M. 1956. Farm machinery to buy or no to buy. Kans Ag. Exp. Bul 379: 1 - 16. 1956.
21. SMITH, H.P. 1958. Máquinas Agrícolas. Selección del equipo, Agricultura de las Américas 9 (7): 103.