

**TEMA 51:**

**EL TRACTOR Y LA MECANIZACIÓN AGRARIA. TIPOS DE TRACTORES: AGRÍCOLAS Y FORESTALES. ELECCIÓN, CUIDADOS Y RENDIMIENTOS DE LOS TRACTORES. CRITERIOS DE SELECCIÓN. ESTUDIO DE INVERSIONES Y AMORTIZACIÓN.**

115- PROCESOS DE PRODUCCIÓN AGRARIA





## ÍNDICE

0. Introducción
1. El tractor y la maquinaria agraria
2. Tipos de tractores: agrícolas y forestales
  - 2.1. Elementos de un tractor
  - 2.2. Tipos de tractores agrícolas
  - 2.3. Tipos de tractores forestales
3. Elección, cuidados y rendimientos forestales
  - 3.1. Elección de los tractores agrícolas. Criterios de selección
  - 3.2. Elección de los tractores forestales. Criterios de selección
  - 3.3. Cuidado y mantenimiento
  - 3.4. Rendimiento de la maquinaria
4. Estudio de inversiones y amortización
  - 4.1. Análisis de costes
  - 4.2. Análisis de la capacidad de trabajo/superficie
  - 4.3. Comparación de análisis: estudio de inversión/amortización
5. Conclusión
6. Bibliografía



## **0. INTRODUCCIÓN**

El tractor es el mayor responsable de la mecanización del mundo agrario. Su uso ha posibilitado disminuir sustancialmente la mano de obra empleada en el trabajo agrícola, así como la mecanización de tareas de carga y de tracción que tradicionalmente se realizaban con el esfuerzo de animales como asnos, bueyes o mulas.

Los primeros tractores datan de principios del siglo pasado y eran muy rudimentarios. A lo largo de los años y de las décadas, los tractores han ido evolucionando, incorporando elementos de gran importancia como la toma de fuerza (aprox 1920), ruedas de goma (desde 1930, los primeros eran de cadenas), energía oleohidráulica (ds. 1935), cabinas de seguridad (ds. 1975), o por ejemplo, el desarrollo recientemente de la orientación por GPS y tractores autónomos.

## **1. MAQUINARIA AGRÍCOLA**

Hacia el año 3.000 a. C. en Mesopotamia, se verifica la transición de las herramientas manuales a las de tracción animal y, prácticamente, salvo pequeñas mejoras o modificaciones, la evolución de la mecanización del campo se detuvo hasta la Edad Moderna. En Europa aparecen las sembradoras como las primeras máquinas agrícolas a finales del siglo XIX, concretamente en el norte de Europa.

La invención de la máquina de vapor por Watt y la locomotora de vapor por Stevenson en Inglaterra a finales del siglo XVIII, marcan un hito fundamental en la mecanización de todas las labores realizadas por el hombre. La invención de los motores de combustión interna, hacia 1876 por Otto y en 1893 por Diesel, crea la base para el desarrollo del tractor tal como lo conocemos hoy en día. El mayor avance en el desarrollo de los tractores lo realizó Ford con su modelo Fordson, en 1916, fabricando en serie, cuya importación masiva en Inglaterra en 1917, permitió a este país hacer frente a las dificultades de producción agrícola durante la Primera Guerra Mundial.

Actualmente existen tractores eléctricos y autónomos, los cuales se ejecuta una ruta a realizar y se planifica con anterioridad gracias a un dron que mapea el territorio a recorrer y luego lo envía al software con el que se equipa la máquina.

## **2. TIPOS DE TRACTORES: AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

### **2.1. ELEMENTOS DE UN TRACTOR**

El tractor es un vehículo dotado de chasis y motor que se le sirve para desplazarse por sí mismo y remolcar o accionar las distintas máquinas que se utilizan en la agricultura actual.

Las partes fundamentales de un tractor son las siguientes:

- a) Bastidor: armazón metálico muy consistente sobre el cual se sujetan los mecanismos fundamentales del tractor.
- b) Motor: órgano capaz de transformar la energía química del combustible en fuerza motriz
- c) Embrague: dispositivo por el cual se transmite o interrumpe el movimiento de giro producido por el motor a la caja de cambios
- d) Caja de cambios: conjunto de ejes y engranajes mediante los cuales se consigue adecuar la velocidad de avance y el esfuerzo de tracción del tractor a las necesidades de cada máquina, apero o situación.
- e) Diferencial: conjunto de engranajes que permiten diferente velocidad de giro entre sí de las dos ruedas motrices del tractor para que este pueda tomar las curvas con facilidad



- f) Reducción final: después de la caja de cambios, la velocidad de giro de las ruedas es reducida para aumentar el esfuerzo de tracción.
- g) Palieres: están divididos en dos semipalieres y son los ejes encargados de transmitir el movimiento desde la reducción final.
- h) Ruedas: son los elementos que, apoyándose en el suelo, soportan el peso del tractor y le permiten desplazarse.
- i) Toma de fuerza: es un eje accionado por el motor y destinado a dar movimiento a un determinado tipo de máquinas acopladas al tractor.
- j) Alzamiento hidráulico: es el elemento que permite elevar, suspendiéndolos en el aire, o descender posándolos en el suelo, los aperos acoplados al tractor para facilitar las maniobras de éste.
- k) Enganche: es una barra de tiro o enganche (para remolcados) a tres puntos (aperos suspendidos o semisuspendidos)
- l) Dirección: conjunto de piezas destinadas a dirigir al tractor hacia el sitio elegido por el tractorista
- m) Elementos de control

## 2.2. TIPOS DE TRACTORES AGRÍCOLAS

- **TRACTORES DE RUEDAS:** son los que utilizan neumáticos de caucho como elemento de rodadura. Se dividen en dos grupos:
  - Tractores de simple tracción (propulsión trasera)
  - Tractores de doble tracción o de 4 ruedas motrices
- **TRACTORES DE CADENAS:** cuando el tren de rodaje avanza sobre una banda metálica o de goma
- **MOTOCULTORES:** son tractores de un solo eje, de potencia reducida ya que no suelen pasar de 20 cv. De potencia.
- **TRACTORES ESTRECHOS O VIÑEROS:** bajos y con una altura interior a 1,2 m., especialmente adaptados para trabajar en las viñas.
- **TRACTORES ELEVADOS O ZANCUDOS:** llevan el bastidor elevado, lo que les permite circular por encima de cultivos alineados como viñedos, algodón, olivos en superintensivo...

En Andalucía, los más comunes son los tractores de ruedas, los de oruga se emplean mediante diferentes adaptaciones, por ejemplo, en la marisma del Guadalquivir para trabajar los arrozales.

## 2.3. TIPOS DE TRACTORES FORESTALES

- **SKIDDER O TRACTORES ARRASTRADORES:** es la maquinaria forestal por excelencia, se usan para el desembosque de madera por arrastre. Sus elementos más característicos son el cabestrante que se completa con el arco integral, un escudo protector y la pala frontal. Tiene peligro de vuelco y aplastamiento.
- **TRACTORES AUTOCARGADORES:** se caracteriza porque el desembosque lo realiza transportando la madera totalmente suspendida sobre el semichasis trasero. Sus elementos característicos son la pluma (la grúa) que realiza la carga de la madera y la caja para ubicarla.
- **DOZERS:** no son propiamente tractores forestales, pero los citamos aquí por emplearse más es este medio (apertura de caminos, estabilización de taludes, etc.). Son tractores equipados con una hoja o cuchilla empujadora montado al frente de los mismos.

Tractores agrícolas VS forestales:

El tractor forestal no está diseñado como vehículo portaherramientas intercambiable y el reparto de pesos entre ejes en vacío es exactamente el inverso a ambos: en uno foresta se reparte 2/3 en el eje delantero y 1/3 en el trasero, al revés que en uno agrícola.

### **3. ELECCIÓN, CUIDADOS Y RENDIMIENTOS FORESTALES**

#### 3.1. ELECCIÓN DE LOS TRACTORES AGRÍCOLAS. CRITERIOS DE SELECCIÓN

La elección del tractor hay que establecerla en dos direcciones:

- a) Entre el tractor de ruedas o el de caderas
- b) Entre los del mismo tipo, la elección debe establecerse entre los de distinta potencia

Entre un tractor de ruedas y otro de cadenas pueden apreciarse varias ventajas e inconvenientes:

- La ventaja del tractor de oruga, respecto al de ruedas, es que el mecanismo de rodadura a base de cadenas se incrementa notablemente la capacidad de tracción, al tiempo que se reduce la presión por unidad de superficie
- Los inconvenientes del cadenas respecto al de ruedas son:
  - El tractor de oruga produce muchas superficies que se deslizan unas sobre otras, produciendo desgastes que dependen del tipo de tractor y suelo;
  - Otro inconveniente es que el tractor de cadenas, solo se puede utilizar en el campo, pues su rodamiento no está permitido por carreteras.
  - Al igual potencia, el tractor orugas es más caro que el de ruedas

La elección entre tractores del mismo tipo pero con distintas potencias se resolverá en base a estudios de la superficie de trabajo, el tipo de suelo y las labores complementarias a realizar. Las necesidades de tracción de una explotación agraria dependen principalmente de las máquinas que se deben arrastrar y accionar, y todo esto depende a su vez de las características de las dimensiones de la explotación, de la topografía, del tipo de suelo, de los cultivos. Quedarse corto en la potencia a la hora de comprar un tractor es malo, pero también lo es económicamente hablando disponer de un exceso de potencia que no se va a aprovechar.

#### 3.2. ELECCIÓN DE LOS TRACTORES FORESTALES. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Tendremos en cuenta los siguientes factores:

- ∇ Pendiente del terreno: se dividirá en tres tramos: 0-10%, 10-50%, >50%. Tractor < Autocargador < Skidder
- ∇ Escabrosidad del terreno: alta o baja. Hace referencia a la existencia de rocas, tocones, zanjas
- ∇ Adherencia: buena o mala
- ∇ Sentido de la saca: si es hacia arriba o hacia abajo

Contrastar entre los modelos seleccionados otros factores tales como:

- ✓ Prestigio de la firma referente a la calidad de sus productos
- ✓ Elementos de seguridad: frenos de emergencia, protecciones, avisadores y accesorios de control
- ✓ Subvenciones, facilidades de pago, etc.

Realizar un estudio económico de inversión-amortización que se describe más adelante. Una vez elegido el modelo, valorar si es más adecuado adquirir la maquinaria o alquilarla.

#### 3.3. CUIDADO Y MANTENIMIENTO

Conservar en buen estado de funcionamiento un tractor es imprescindible para la buena marcha de una explotación agrícola.



- ✓ **Mantenimiento preventivo:** tiene por objeto prevenir la aparición de averías e irregulares que pongan en peligro el funcionamiento correcto del tractor. Suelen referirse al mantenimiento de los niveles de los fluidos del tractor (agua, aceites, etc.), su engrase, limpieza de filtros, comprobación del estado de funcionamiento. Este tipo de mantenimiento suele venir indicado por el fabricante, que especifica los cuidados diarios a realizar cada cierto número de horas de trabajo.
- ✓ **Mantenimiento de reparación:** tiene por objeto subsanar las irregularidades y averías que ponen en peligro o impiden el funcionamiento del tractor.

### 3.4. RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA

Un buen mantenimiento de la maquinaria repercute directamente en el rendimiento de la misma, ya que este depende de que el mantenimiento y cuidados se realicen adecuadamente, conservando la maquinaria lo mejor posible. Otros factores que influyen en el rendimiento de una máquina son:

- **Factores geomorfológicos:** pendiente, adherencia, escabrosidad. Las grandes pendientes suponen una pérdida de la potencia del motor y a veces imposibilitan su utilización.
- **Factores climáticos:** la lluvia, viento, etc. Influyen directa e indirectamente en el rto.
- **Factores de cultivo:** la irregularidad de un cultivo puede afectar negativamente al rendimiento de la maquinaria, funcionará a mejor ritmo mientras más homogénea sea la labor a realizar.
- **Factores humanos:** la cualificación y habilidades de estos, influirán directamente en su rendimiento.
- **Calidad de sus insumos:** calidad de los aceites, combustibles, aguas de refrigeración, etc. Afectan directamente al buen funcionamiento del motor y del rto de la maquinaria.

## **4. ESTUDIO DE INVERSIONES Y AMORTIZACIÓN**

Una vez seleccionado uno o varios modelos de un tipo de maquinaria se debe realizar un estudio de inversiones y amortización. Invertir es emplear, gastar o “colocar” un capital, mientras que amortizar es recuperar o compensar los fondos invertidos o “colocados” en alguna empresa. Estos estudios realizan una comparación entre ambos factores:

La inversión en maquinaria es una inversión importante, económicamente de las que más, en una explotación agraria. Pero no solo por el desembolso inicial, sino porque además su utilización genera distintos y variados gastos que deben ser pagados con el propio trabajo de la máquina. Los costes totales han de ser inferiores al valor de producción de la unidad para que el medio sea viable en términos económicos. Esto es lo que se pretende valorar en este estudio. Valoración que previamente necesita conocer en detalle los factores que se van a comprar: del análisis pormenorizado de los costes y del análisis de la capacidad de trabajo de la maquinaria.

### 4.1. ANÁLISIS DE COSTES

Los análisis de costes se pueden realizar a base de varios criterios, el más habitual es el Método lineal directo porque calcula todas las partidas de costes y las sumas. Este método considera los costes totales de la maquinaria como la suma de los costes fijos y los costes variables.

$$CT = CF + CV$$

**CT = Costes fijos:** son los costes derivados de la propiedad de la misma. Son independientes de la cantidad de trabajo que se realiza y se suele calcular en €/año. Los costes fijos o de posesión de la máquina, nacen en el mismo momento de la adquisición con la inversión del capital necesario para ello;

CV = Costes variables: son los derivados del uso de la maquinaria y dependen del volumen de producción. Su coste es dependiente de la cantidad de trabajo realizado y se expresa en €/hora.

### COSTES FIJOS

- **INTERÉS DEL CAPITAL RETENIDO:** se valora el coste que tiene tener el dinero invertido en esa maquinaria y no, por ejemplo, en el banco. Es el coste de oportunidad y su valor dependerá de las consideraciones del empresario, si bien, de forma general se puede estimar aproximadamente como:

$$i * \frac{Pc}{2} \text{ ó } \frac{Vc-Vr}{2} * i$$

Siendo Pc: precio de compra; i: tipo de interés en tanto por uno al año

- **AMORTIZACIÓN TÉCNICA:** se valora la variación monetaria o depreciación de una máquina, siendo ésta la disminución del valor que experimenta como consecuencia de : desgaste por uso, degradación por accidentes o acciones de elementos naturales, envejecimiento, etc. Se calcula como:

$$At = \frac{Pc - Pd}{n} \quad \text{Pd: precio de desecho; n: vida útil (años)}$$

Siendo n el nº de años de vida útil de la máquina, depende del tipo de máquina, pero suele estar entre 2000 y 3000 horas, por lo que muchas veces se estima en 2.500. Y siendo Pd, el precio de desecho de la máquina.

- **ALOJAMIENTO:** se valora el coste del alojamiento que ocupa dicha maquinaria. Las múltiples posibilidades constructivos hace que haya una enorme variabilidad den posibles costes, por lo que se hace una estimación del 0,5-1% del Pc.
- **SEGUROS, TASAS E IMPUESTOS:** se valora el coste de las obligaciones y responsabilidades del empresario o agricultor con respecto a dicha maquinaria: seguro obligatorio mínimo anual, impuesto de circulación, ITV, etc. Si estos no son conocidos se calculan como 0,3-3% de Pc.

### COSTES VARIABLES

- **COMBUSTIBLES:** se valora el coste del combustible consumido teniendo en cuenta el consumo específico de la máquina (estimado en maquinaria agrícola como (125-250g/kw hora) y el precio del combustible (€/l). Otros datos: densidad del gasoil (0,88-0,9 kg/l) y 1 Kw = 1,36 CV. Se calcula como:

$$\frac{\text{Consumo} \left( \frac{kg}{kwh} \right) \times (kw/1,36 CV)}{\text{densidad} \left( \frac{kg}{l} \right)} \times \text{precio combustible} \left( \frac{€}{l} \right)$$

- **LUBRICANTE:** Se calcula en función del coste de combustible, se estima entre 3-6% de este
- **CONSERVACIÓN Y ENTRETENIMIENTO:** se valora el tiempo que se gasta en realizar limpiezas, regulaciones, ajustes, revisión de niveles y carga de combustible de la máquina. Se calcula como un porcentaje del tiempo de la maquinaria y se valora según el valor de la hora de trabajo en el mercado:
- **REPARACIONES:** se valora el coste que repercutirá por cada hora de trabajo el valor de las reparaciones que se realizan en la maquinaria a lo largo de su vida. Se calcula como:  
RM = Pc / N                      N: nº de horas considerando el desgaste

- **MANO DE OBRA:** sólo se tendrá en cuenta cuando el operario de la máquina no sea el propio empresario o agricultor.  
% (tiempo entretenimiento /hora) x Precio de la hora de trabajo

#### 4.2. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE TRABAJO/SUPERFICIE

La capacidad teórica en maquinaria agrícola depende fundamentalmente de la anchura de corte y de la velocidad de avance.  $Ct = ac \times Vt/10$ . La capacidad teórica de trabajo se suele expresar en ha/hora y es inversamente proporcional al tiempo teórico empleado por la máquina para cosechar una ha  $Tt = 1/Ct$

Estos conceptos son teóricos porque en la realidad ambos factores están ponderados: la anchura de corte que se emplea en la práctica es la denominada efectiva, algo menor y la velocidad también es menor. De esta forma calculamos la

Capacidad efectiva =  $Ce = Ae \times Ve /10$ .

La relación entre el tiempo teórico y el efectivo:  $\eta = Tt /Te$

Para calcular la capacidad real de trabajo, se pondera ese rendimiento efectivo con el tiempo real de utilización en campo ( $Tu$ ) de la máquina =  $Cr = Te/Tu \times Ce$ . La capacidad real nos indica la superficie media cosechada por cada hora que la máquina ha permanecido en el campo, aunque no siempre esté trabajando. Posteriormente habrá que calcular el tiempo de la campaña para reflejar este valor de forma anual.

#### 5. ELECCIÓN. CRITERIOS DE SELECCIÓN.

A la hora de elegir un tractor, o una máquina agrícola, es esencial tener en cuenta las necesidades reales de la explotación. Es muy común el error de sobre-dimensionar la maquinaria. Las necesidades reales de potencia vienen determinadas por las tareas a las que se va a destinar el tractor, es imprescindible tener en cuenta: el coste de mantenimiento y los gastos de combustible, en ocasiones, ciertas tareas son inviables, por tanto, se recomienda hacer un estudio económico antes de adquirir cualquier tipo de maquinaria. Valorar alternativas, condiciones ambientales, orografía del terreno, nuevas técnicas productivas, etc.

Una vez se ha decidido adquirir un determinado bien se deberá valorar lo que sigue:

- **Análisis tecnológico:** haciendo un estudio comparativo entre las características técnicas de los posibles equipos a adquirir, que cumplan las condiciones específicas solicitadas, intentando llegar a una relación calidad-precio que nos permita tomar una primera decisión sobre el equipo más conveniente desde este punto de vista.
- **Análisis financiero:** se estudiará las posibles subvenciones, créditos etc... que puedan beneficiar la adquisición de la máquina.
- **Análisis económico:** el análisis o estudio económico de los equipos mediante el cual llegamos a deducir el coste de su utilización, así como los flujos de caja que ocasionaría en la empresa agraria como consecuencia de la inversión realizada.

## 6. RENDIMIENTO DE LA MÁQUINA.

En primer lugar mencionamos que un buen mantenimiento de la máquina repercute directamente en el rendimiento de la misma, ya que este depende en gran parte de que el mantenimiento y cuidados se realicen adecuadamente, conservando la maquinaria en perfectas condiciones. Pero además de este hay otros factores que influyen en el rendimiento de una máquina agrícola. Los más importantes son:

- Factores geomorfológicos: pendiente, escabrosidad, adherencia, etc.
- Factores climáticos: la lluvia, nieve, viento, etc.
- Factores de cultivo: Mientras más homogéneo sea el mismo, mejor funcionará la máquina.
- Factores humanos.
- Calidad de los insumos: combustibles, aceites, etc.

## 7. ESTUDIO DE INVERSIÓN Y AMORTIZACIÓN.

La adquisición de maquinaria requiere un estudio económico, esto nos permite determinar su coste horario, a través de este dato, podremos calcular el incremento del gasto final de nuestra producción.

Existen gran cantidad de aplicaciones, a través de Excel, u otros programas de cálculo, que permiten desarrollar estos cálculos con gran precisión.

### 7.1 Grado y coste de utilización

El coste de utilización de una máquina no puede conocerse en detalle hasta el momento en que la explotación se deshace de ella, siempre y cuando se hubiera anotado cuidadosamente todos los costes en los que se ha incurrido a lo largo de su vida. Sin embargo, poder decidir desde el punto de vista económico sobre la máquina que se debe adquirir, requiere hacer **estimaciones sobre sus costes de utilización.**

Con este objetivo se han definido varios métodos basados, en mayor o menor medida, en datos prácticos, después de hacer un seguimiento de un gran número de máquinas. En todos ellos el coste se descompone en **costes fijos y costes variables.**

› Los **costes fijos (CF)** son los que tienen un valor anual que no depende del número de horas o hectáreas trabajadas por la máquina durante el año, y son inherentes a ella, y en los que se incurre independientemente de si se usa mucho o poco.

› Los **costes variables (CV)** son aquellos cuya cuantía anual depende de las horas de utilización de la máquina.

Antes de enumerar los componentes del coste, conviene definir el concepto de **vida útil** de una máquina. La vida útil se puede establecer en horas o en años, y es el número de horas o de años que se estima que puede trabajar. Así, se dice que una máquina tiene una vida útil de 2.000 horas o 20 años, y se considera que la máquina ha llegado al final de su vida útil cuando alcanza uno de los dos valores.



Los **componentes de los costes fijos** son:

› **Amortización (A):** las máquinas se deprecian a lo largo del tiempo. La amortización es la valoración económica de esa depreciación. Un método simple de cálculo de la amortización es la depreciación lineal, que supone que las máquinas se deprecian de modo constante, de modo que este componente del coste (A) se calcula como el valor de compra de la máquina ( $V_a$ ) menos el valor residual (valor de la máquina en el momento en que la explotación se deshace de ella,  $V_r$ ), dividido por el número de años de uso de la máquina ( $n$ ), que puede ser o no el final de su vida útil.

El valor residual puede conocerse por las estadísticas de maquinaria de la zona, o puede estimarse mediante expresiones empíricas formuladas por la asociación estadounidense ASABE (American Society of Agricultural and

$$A (\text{€}/\text{año}) = (V_2 (\text{€}) - V_1 (\text{€})) / n (\text{años})$$

Biological Engineers).

› **Intereses (I):** es el interés del dinero que se inmoviliza al comprar una máquina. Se considera que los intereses que se hubieran obtenido si se hubiera invertido el dinero en otro negocio son un coste. Como la máquina se va depreciando a lo largo de su vida, el dinero inmovilizado cada año va disminuyendo y, por tanto, también el coste de los intereses. Sin embargo, por simplificar las estimaciones, se da a los intereses dejados de percibir un valor igual para todos los años. Se considera el valor anual de los intereses como la media aritmética entre el máximo del primer año y el mínimo del último:

$$I (\text{€}/\text{año}) = i \times [(V_a (\text{€}) + V_r (\text{€})) / 2]$$

A la  
tasa de  
interés  
i se le  
puede  
dar el

valor del interés de los depósitos bancarios a largo plazo.

› **Seguros, impuestos y alojamiento (SIA):** ASABE propone atribuir a cada máquina el 2 % de su coste de adquisición como costes de alojamiento:

$$SIA (\text{€}/\text{año}) = 0,02 \times V_2 (\text{€})$$

Los

**componentes de los costes variables** son:

› **Mano de obra (MO):** es el pago a los operarios que manejan la máquina. Se expresa en €/h y se estima según los jornales de la zona y la categoría de los operarios.



› **Combustible (C)**: si no hay datos reales, es decir, anotaciones sistemáticas de los repostajes que permitan conocer el consumo por unidad de tiempo o de superficie trabajada, se puede estimar el coste de combustible aplicando la expresión de ASABE, que aproxima el consumo medio de los tractores con motor diésel,  $Q$  (l/h), en función de la potencia máxima a la toma de fuerza,  $N$  (kW). El coste de combustible se computa como el consumo por el precio del combustible  $p$  (€/l)

$$Q \text{ (l/h)} = 0,226 \times N \text{ (kW)}$$
$$C \text{ (€/h)} = Q \text{ (l/h)} \times p \text{ (€/l)}$$

$$L \text{ (€/h)} = 0,15 \times C \text{ (€/h)}$$

› **Lubricante (L)**: el coste de lubricante se considera como el 15 % del coste de combustible

Además hay un **componente** que puede considerarse **tanto fijo**(€/año) **como variable**(€/h), al presentar características comunes a ambas categorías:

› **Reparación y mantenimiento (RyM)**: ASABE, basándose en series históricas de datos de los diferentes tipos de máquinas, propone una expresión para estimar los costes de reparación y mantenimiento de una máquina cuando ha sido utilizada un número de horas  $h$ . Así, puede calcularse los costes de reparación y mantenimiento en toda la vida de la máquina, introduciendo en la expresión el número de horas que la máquina ha sido utilizada al final de su vida útil. Para tener el coste fijo (€/año) de reparación y mantenimiento a lo largo de la vida útil, hay que dividir el valor resultante de esta expresión, que corresponde al coste acumulado, por el número de años de vida útil ( $N$ ):

$$RyM_{\text{acumulada}} \text{ (€)} = F_1 \times V_2 \text{ (€)} \times (h/1.000)^2$$
$$RyM \text{ (€/año)} = RyM_{\text{acumulada}} \text{ (€)} / N \text{ (años)}$$



Valores de los parámetros para la estimación de los costes de reparación y mantenimiento para los diferentes tipos de máquinas según ASABE

Tabla 1

Tipo de máquina	F1	F2
Tractor 2 ruedas motrices	0,007	2,0
Tractor 4 ruedas motrices y cadenas	0,003	2,0
Arado	0,290	1,8
Grada de discos	0,180	1,7
Cultivador	0,270	1,4
Sembradora	0,320	2,1
Abonadora	0,630	1,3
Pulverizador	0,410	1,3
Segadora	0,440	2,0
Empacadora	0,230	1,8
Cosechadora de cereales	0,040	2,1

Una vez computados los componentes del coste, pueden establecerse las funciones de coste agrupando y sumando los costes fijos y los costes variables: **costes totales anuales** (CT,€/año), **coste horario unitario**(Ch,€/h), **coste superficial unitario**(Cs,€/ha) (Figura 1). La función de costes totales anuales permite calcular y representar el coste total anual en función del número de horas anuales del uso de la máquina (h) y, análogamente, las funciones de coste horario unitario y de coste superficial unitario:

Es importante señalar que el coste horario unitario disminuye según aumenta el número de horas de uso, por lo que conviene

$$\begin{aligned}CT (\text{€}/\text{año}) &= CF (\text{€}/\text{año}) + (CV [\text{€}/\text{h}] \times h) \\C_h (\text{€}/\text{h}) &= (CF [\text{€}/\text{año}] / h) + CV (\text{€}/\text{h}) \\C_s (\text{€}/\text{ha}) &= (CF [\text{€}/\text{año}] / S_g [\text{ha}/\text{h}]) + CV (\text{€}/\text{h})\end{aligned}$$

maximizar la utilización de las máquinas.



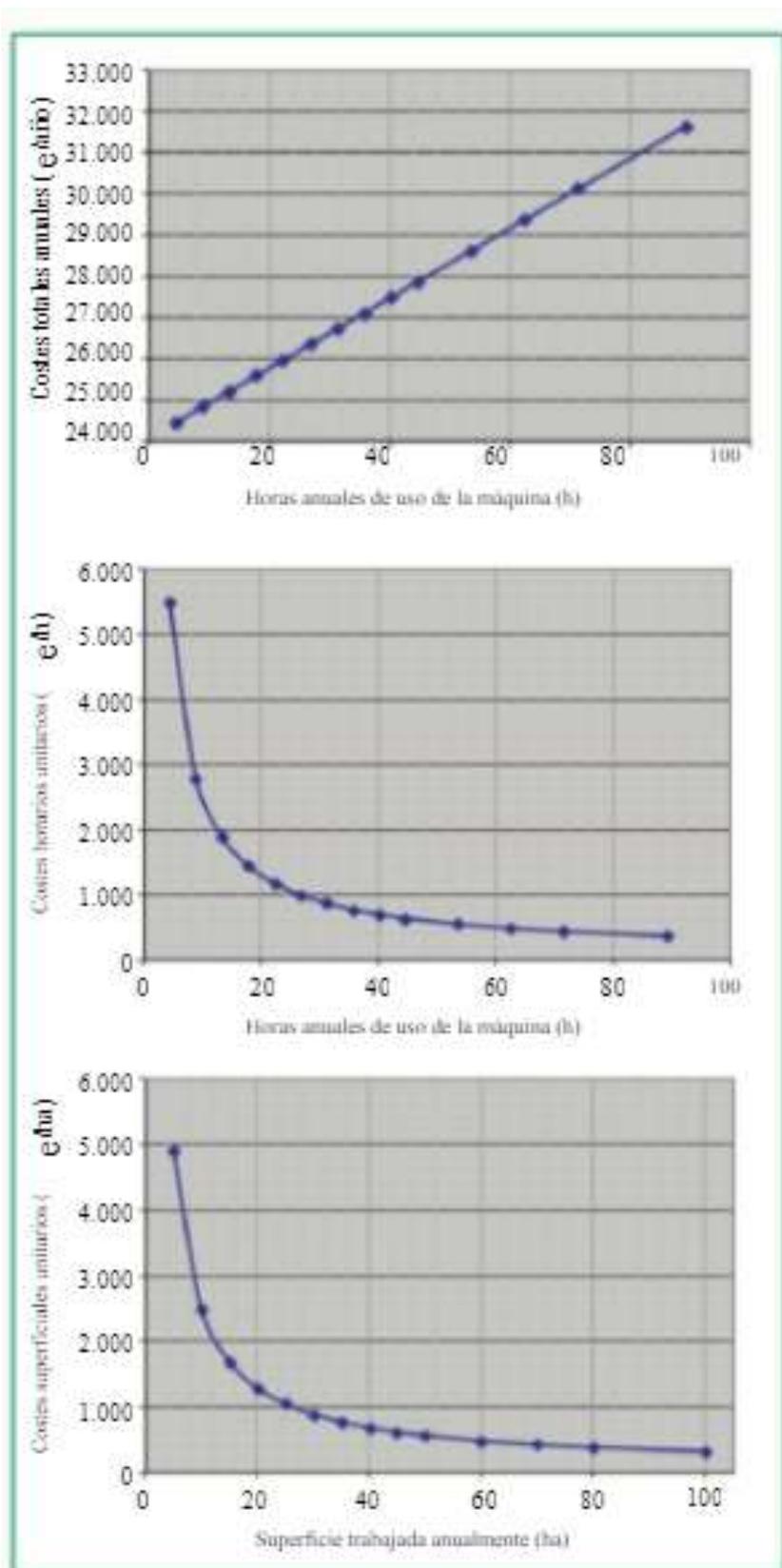
El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en su “Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero”, publica hojas de cálculo de costes de maquinaria para los diferentes tipos de máquinas agrícolas. Otra plataforma accesible procede de la Universidad de la Rioja. Estas hojas constituyen una aplicación informática libre para la estimación de los costes de las máquinas.

El **grado de utilización** es un concepto que evalúa si la máquina está cerca de usarse el número de horas óptimo al año. Considérese una máquina de la que se establece que tiene una vida útil de 1.500 h o 15 años. Para que ambos hitos se alcancen simultáneamente, la máquina debería usarse 100 horas al año. Este sería el valor óptimo de horas de uso anual de la máquina en la explotación (H<sub>op</sub>).

Se define el **grado de utilización horaria**(μ<sub>h</sub>) como la relación entre las horas reales de utilización de la máquina al año (H<sub>r</sub>) y el valor óptimo de horas de uso anual:

$$\mu_h = H_r(h) / H_{op}(h)$$





**Figura 1.** Representación de las expresiones de los costes totales anuales (€/año) y de los costes horarios unitarios (€/h) en función de las horas de uso de la máquina, y de los costes superficiales unitarios (€/ha) en función de la superficie trabajada.

## 7.2 Características técnicas, rentabilidad de la inversión, financiación y coste de la operación

Los informes técnico-económicos que detallen las principales características técnicas fundamentalmente, capacidad de trabajo) y los costes de utilización son una herramienta muy útil para establecer un plan de sustitución o adquisición de máquinas y equipos.

En los puntos anteriores del capítulo se han dado las pautas para el registro de los gastos por consumos, mantenimiento y averías de los equipos, lo que permite aproximar con mayor precisión sus costes de utilización y, en función de estos, el momento de renovación.

También se ha mostrado cómo seleccionar entre varios equipos en función de sus costes y de la cantidad de trabajo a realizar en la explotación. Además, se pueden considerar indicadores económicos básicos que informen sobre la **viabilidad/rentabilidad** de la inversión en adquisición de máquinas y equipos. A continuación se presentan algunos conceptos para la caracterización de una inversión, así como indicadores que permiten evaluar la conveniencia de una inversión y su comparación con inversiones alternativas.

Los principales conceptos que definen una inversión son:

› **Pago de la inversión (K):** desembolso que se realiza para poner en marcha o renovar la actividad. El caso más sencillo es que se desembolsa durante el primer año.

› **Vida de la inversión (n):** es el número de años durante el que la inversión está en actividad.

› **Flujo de caja (R):** durante su vida, la inversión generará unos ingresos (venta de los productos obtenidos) y unos pagos (consumo de energía, mano de obra, impuestos, etc.), de modo que para un año  $j$ , el flujo de caja se calcula como:

› **Tasa de actualización (i):** el dinero pierde valor con el paso del tiempo, por lo que para comparar

$$R_j = C_j - P_j$$

transacciones que se producen en momentos diferentes se precisa un procedimiento para su homogeneización, lo que implica trasladar todas las cantidades a un mismo momento. La tasa de actualización permite referir todos

$$R_j / (1 + i)^j$$

los  
flujos  
de caja  
(a lo  
largo de

los años de vida útil de la inversión) al momento inicial de la inversión mediante la expresión:

donde  $i$  (el tipo de actualización) puede ser considerado la rentabilidad de una inversión alternativa sin riesgo a tipos usuales de interés de mercado.

Se presentan ahora algunos indicadores de la viabilidad de la inversión, fácilmente computables en una primera aproximación:



› **Valor actual neto (VAN):** a la suma de los flujos de caja homogeneizados se resta el pago de la inversión, considerando el pago de la inversión el primer año, lo que indica la ganancia neta generada por el proyecto. Si el VAN es positivo, se dice que la inversión es viable desde un punto de vista financiero:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - K$$

Si la inversión se acomete en  $m$  años ( $n > m$ ), la expresión del VAN se transforma como sigue para actualizar también las cantidades de la inversión:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^m \frac{K_j}{(1+i)^j}$$

› **Tasa interna de rendimiento (TIR):** también conocida como “tasa de retorno”, representa la tasa de actualización que hace que el VAN tome el valor cero, es decir, el  $\lambda$ , que verifica:

$$\sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+\lambda)^j} - \sum_{j=0}^m \frac{K_j}{(1+\lambda)^j} = 0$$

La interpretación económica de la TIR ( $\lambda$ ) es la rentabilidad media que produce una inversión a los fondos en ella invertidos a lo largo de su vida. Así, una inversión es viable cuando el valor de la TIR es superior al tipo de interés al cual el inversor puede conseguir recursos financieros; es decir, si  $\lambda$  es mayor que  $i$  la inversión es rentable y puede ser interesante su ejecución.



## **8. CONCLUSIÓN**

El uso de la maquinaria agrícola reduce sustancialmente la mano de obra en las labores del campo. Ahora se necesita menos de la quinta parte de mano de obra que hace unas décadas. La mecanización, junto con la mejora de las variedades a cultivar, técnicas y reducción más eficientes, ha permitido que un pequeño porcentaje de la población dedicada a la agricultura, produzca lo suficiente para alimentar al resto.

Todo profesional del sector agrícola sabe que la compra de un nuevo tractor supone una elevada inversión que está ligada a números factores. La venta de maquinaria, sin embargo, está rodeada de cierta opacidad, que en ocasiones, dificulta hacerse una idea real del precio de un tractor. Si se compara con el mercado de otros vehículos a motor, el de la maquinaria agrícola, no es muy dado a realizar campañas publicitarias masivas, y dentro de estas no es habitual encontrar precios que indiquen cuánto cuestan los nuevos modelos.

El aumento de los precios en los tractores (debido a la modernización, nuevos sistemas de seguridad, adaptación a normativas ambientales), y la fuerte competencia que supone la venta de maquinaria de segunda mano, han frenado una clara tendencia al aumento de la compra de tractores nuevos.

En Andalucía, como en el resto de España, los índices de mecanización son más elevados en las pequeñas explotaciones, descendiendo estas a medida que se trata de explotaciones de mayores dimensiones. La explicación a este fenómeno no es económica sino técnica e invita a una reflexión profunda sobre la conveniencia a adquirir los servicios agrarios para el desarrollo de unas labores determinadas.

## **9. BIBLIOGRAFÍA/WEBGRAFÍA**

- Ortiz Cañavate, J. Técnicas de la mecanización agraria
- Boto Fidalgo, J.A. La mecanización agraria.
- Boto Fidalgo, J.A. Las máquinas agrarias y su aplicación.
- Urbano Terrón, P. Fitotecnia: Ingeniería de la producción vegetal
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España
- Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía.