

# CÀLCUL DELS COSTOS D'UTILITZACIÓ DE LES MÀQUINES AGRÍCOLES

Santiago Planas de Martí

Professor associat

Departament d'Enginyeria Agroforestal. Universitat de Lleida

L'estudi de costos d'utilització de la maquinària agrícola permet optimitzar des d'un punt de vista tècnic-econòmic, el maneig de les màquines a les explotacions agràries i, si és el cas, a les empreses de treballs agrícoles mecanitzats (serveis a tercers). Així, a partir de l'estudi de costos directes de la maquinària agrícola, juntament amb l'avaluació dels costos indirectes (costos d'oportunitat), es decidirà l'instant de la renovació de les màquines a l'explotació, la dimensió òptima del parc, la capacitat de cada màquina. També es podrà valorar la idoneïtat de la propietat de les mateixes o, alternativament, la seva contractació, el lloguer o la disposició en societat.

## Costos directes

Entenem per costos directes aquells que se'n deriven de la seva disposició i funcionament. Els costos directes de la maquinària es poden dividir en costos fixes i costos variables. Els costos fixes són independents de l'ús que se'n faci de la maquinària mentre que, els costos variables s'incrementen proporcionalment amb la intensitat de l'ús que se'n faci de la màquina.

Costos fixes: Magatzem  
Assegurança  
Interessos  
Depreciació per obsolescència (\*)  
Impostos

Costos variables: Combustible  
Lubricant  
Manteniment i reparació  
Depreciació per desgast (\*)  
Mà d'obra

Els costos directes són la suma dels costos fixes i costos variables. Normalment, els costos s'expressen de forma unitària (€/ha, €/kg, €/h).

Cas de que decidim calcular els costos horaris ho farem a partir de la fórmula següent:

$$\text{Costos directes } (\text{€ /h}) = \frac{\text{Costos fixes } (\text{€ /any})}{\text{Ús anual (h/any)}} + \text{Costos variables } (\text{€ /h})$$

## Depreciació

La depreciació equival a la pèrdua de valor de la màquina originada com a conseqüència del pas del temps (obsolescència tècnica, envelliment) i al propi ús de la màquina (desgast). També, els canvis estructurals en la producció (p.e. substitució dels cultius tradicionals) poden comportar una dràstica depreciació del valor dels bens d'equip utilitzats fins el moment.

Depenent de la intensitat d'ús que es faci de la màquina, la depreciació serà un cost fix o un cost variable (\*). La utilització intensiva de la maquinària comportarà un desgast proporcional al temps de funcionament i, per tant, la depreciació podrà ser considerada com un cost variable. Per contra, si no es produeix un ús intensiu, el factor obsolescència tècnica i l'envelliment tenen major incidència i, aleshores, la depreciació serà considerada com un cost fix.

Existeixen diferents criteris per calcular la depreciació. El mètode més simple de càlcul és el de depreciació lineal o constant. Aquest mètode suposa que la pèrdua de valor es la mateixa en el decurs de la vida de la màquina. La imputació horària de la depreciació pot calcular-se de la manera següent:

$$\text{Depreciació per obsolescència } (\text{€/anys}) = \frac{\text{Valor}_{\text{adquisició}}(\text{€}) - \text{Valor}_{\text{final}}(\text{€})}{\text{Vida útil}(\text{anys})}$$

El valor final de la màquina normalment s'estima com un percentatge del valor d'adquisició. A la **Taula 1** es troben indicats els valors percentuals que es proposen per al càlcul del valor final i una estimació de la vida útil per a distints tipus de màquines. Els valors establerts són indicatius i, per tant, poden ser substituïts per aquells que siguin fruit de la pròpia experiència a l'empresa agrària.

<b>Tabla 1. Paràmetres per al càlcul de la depreciació per obsolescència i desgast</b>			
	Valor final (% Valor adquisició)	Vida útil (anys)	Vida útil (h)
<b>TRACTORS</b>			
Tractor 2RM i estacionaris	15	15	12000
Tractor 4RM i cadenes	15	12	16000
<b>TREBALL DEL SÒL</b>			
Arades de pales (vertedera)	10	15	2000
Arades de discs	10	15	2000
Arades de disc en tàndem	10	15	2000
Arades de cisells (xissel)	10	15	2000
Cultivador	15	20	2000
Grada canandena	15	20	2000
Corró, cilindre compactador	15	20	2000
Corró dentat (mulching)	15	20	2000
Arada rotativa, rotovalor	15	15	2000
Cultivador entre línies	15	20	2000
Rotocultivador	15	15	1500
<b>IMPLANTACIÓ DEL CULTIU</b>			
Plantadora a línies	15	15	1500
Sembradora a línies	15	15	2000
<b>RECOL·LECCIÓ</b>			
Recol·lectora afileradora de panís	15	15	2000
Recol·lectors de cereals autopropulsada	20	15	4000
Segadora de farratges	15	15	2000
Segadora rotativa	10	12	2500
Segadora condicionadora	10	12	2500
Segadora condicionadora rotativa	10	12	2500
Segadora afileradora autopropulsada	20	12	3000
Rampill afilerador	15	15	2500
Embaladora de bales rectangulars	15	15	2000
Embaladora de grans bales rectangulars	20	12	3000
Embaladora de bales cilíndriques	15	12	1500
Recol·lectora de farratges	15	15	2500
Recol·lectora de farratges autopropulsada	20	15	4000
Recol·lectora de remolatxa	20	12	3000
Recol·lectora de patates	20	15	2500
Segadora afileradora de mongeta	15	15	2000
Descoronadora de remolatxa	15	12	1200
Carregadora pneumàtica de farratge	15	15	1500
Remolc de farratges	20	20	2000
<b>FERTILITZACIÓ I TRACTAMENTS</b>			
Distribuïdora de fertilitzants	15	10	2500
Polvoritzadors de conreus baixos	10	12	1500
Polvoritzador conreus arboris	15	12	2000
<b>TRANSPORT</b>			
Remolc	20	20	3000

## **Interessos**

El cost dels interessos equival al cost d'oportunitat del capital invertit en la màquina o als interessos bancaris pagats a l'entitat financera, cas de que s'hagi utilitzat finançament extern. Els interessos es calculen en períodes mensuals o anuals mitjançant l'expressió següent, en la que  $i$  representa la taxa d'interès bancari.

$$Interessos (\text{€}) = \frac{i \times (\text{Valor adquisició } (\text{€}) + \text{Valor final}(\text{€}))}{2}$$

on *Valor inicial* representa el valor de la màquina a l'inici del període de càlcul dels interessos (es correspon amb el valor d'adquisició si ens trobem a l'inici de la vida de la màquina) i *Valor final* representa el valor de la màquina al final del període de càlcul dels interessos (es correspon al valor final estimat en el càlcul de la depreciació si ens trobem a l final de la vida útil).

## **Magatzem**

El cost anual del magatzem serà:

$$Cost \text{ magatzem } (\text{€/any}) = Cost \text{ unitari } \text{ anual } (\text{€/m}^2) \times Superfície \text{ ocupada } (\text{m}^2)$$

## **Assegurança**

L'import anual de l'assegurança de la maquinària varia, segons tipus de màquina. En general, aquest cost és gairebé insignificant en relació al conjunt de costos d'explotació de les màquines. Cas d'imputar-lo el comptabilitzarem com a cost fix anual (€/any).

## **Desgast de la màquina**

Com a conseqüència del funcionament de la màquina es produeix un desgast progressiu de tots els seus components que porta implícit la pèrdua de valor. Vist així, el desgast constitueix un component de la depreciació de la màquina de caràcter variable en tant que està lligat a la intensitat d'ús de la mateixa. Podem estimar el cost de la depreciació a partir de l'expressió següent.

$$\text{Desgast } (\text{€/h}) = (\text{Valor adquisició} - \text{Valor final}) / \text{Vida útil } (h)$$

A la **Taula 1** es poden consultar els índexs (percentatge del valor inicial) per al càlcul del valor final de les màquines i una estimació la vida útil de les màquines. Els valors establerts són indicatius i, per tant, poden ser substituïts per aquells que siguin fruit de la pròpia experiència a l'empresa agrària.

## **Combustible**

Els costos de combustible (tractors i màquines automotrius) són variables. El consum total de combustible i lubricant està determinat per la intensitat d'ús de les màquines (h/any) i pel requeriment de potència de les operacions realitzades. Un tractor pot consumir 18 L/h de gas-oil efectuant moviments de terres i 9 L/h en el transport per camí o carretera

Al marge del coneixement que podem disposar a partir dades reals de treball del tractor o de la màquina autopropulsada, també podem estimar el consum de combustible utilitzant alguns dels mètodes de predicció existents.

Un dels mètodes de predicció que han assolit un ús generalitzat és l'establert per la norma ASAE D497.4. De forma general, per a estimar el consum mig de gas-oil d'un tractor agrícola al llarg de tota la seva vida útil, la norma proposa la següent expressió:

$$\text{Consum } (L/h) = \text{Potència}(kW) \times 0,7 \times \text{Consum específic } (L/kWh)$$

Aquesta predicció general pressuposa que el tractor funcionarà durant la seva vida útil amb un factor equivalent de càrrega del motor de 0,7, és a dir, al 70% de la seva potència màxima.

El factor de càrrega del motor ( $X$ ) es defineix doncs com el quocient entre la potència equivalent a la presa de força subministrada pel tractor i la seva potència màxima.

$$X = \frac{\text{Potència\_subministrada(kW)}}{\text{Potència\_màxima\_homologada(kW)}}$$

Per tant, l'expressió general a aplicar per a l'estimació del consum de gas-oil és:

$$\text{Consum (L / h)} = \text{Potència(kW)} \times X \times \text{Consum\_específic (L / kWh)}$$

De fet, el factor de càrrega del motor varia lògicament amb el tipus d'operació que realitza el tractor. Les operacions que requereixen un esforç moderat comporten valors reduïts del factor de càrrega del motor i, contràriament, les operacions que sol·liciten grans esforços al tractor, suposen factors de càrrega del motor elevats.

Per tant, si volem ser més precisos en l'estimació del consum de combustible, introduïrem en la formula de predicció un valor del factor de càrrega del motor ajustat al tipus d'operació realitzada. En aquest sentit, es proposen adoptar els valors establerts a la **Taula 2**.

<b>Taula 2. Coeficients de càrrega del motor per a diferents operacions</b>	
Desplaçament per les vies públiques, transport	0,13 - 0,20
Aplicació fitosanitaris, fertilització mineral, cilindre compactador	0,25 - 0,40
Sembra, cultivar, empaçar, distribució de purins, distribució de fems	0,50 - 0,70
Llaurar	0,75 - 0,80
Subsolar, moviment de terres (tragellar)	0,85 - 0,95

D'altra banda, per a l'estimació del consum de gas-oil, hem vist que també es necessita disposar del valor de consum específic de combustible ( $L/kWh$ ). Aquest índex és una característica del tractor que normalment procedeix dels assaigs normalitzats que es realitzen en el procés d'homologació de la potència del tractor. El valor concret apareix en la documentació tècnica o en el manual d'instruccions de funcionament del tractor. Es tracta d'un valor mesurat en laboratori d'assaig i correspon al valor mesurat quan el tractor proporciona la potència màxima.

De fet, el consum específic també varia en funció del factor de càrrega del motor ( $X$ ). A la norma ASAE abans esmentada, es proporciona també la següent expressió per a l'estimació del consum específic de gas-oil:

$$\text{Consum específic } (L / kWh) = 2,64X + 3,91 - 0,203(738X + 173)^{\frac{1}{2}}$$

A continuació es proporcionen els consums de gas-oil ( $L/h$ ), a partir de les fórmules anteriors, per a diferents càrregues de motor ( $X$ ) i potències màximes. Es considera un valor de 830 g/L per a la densitat del gas-oil.

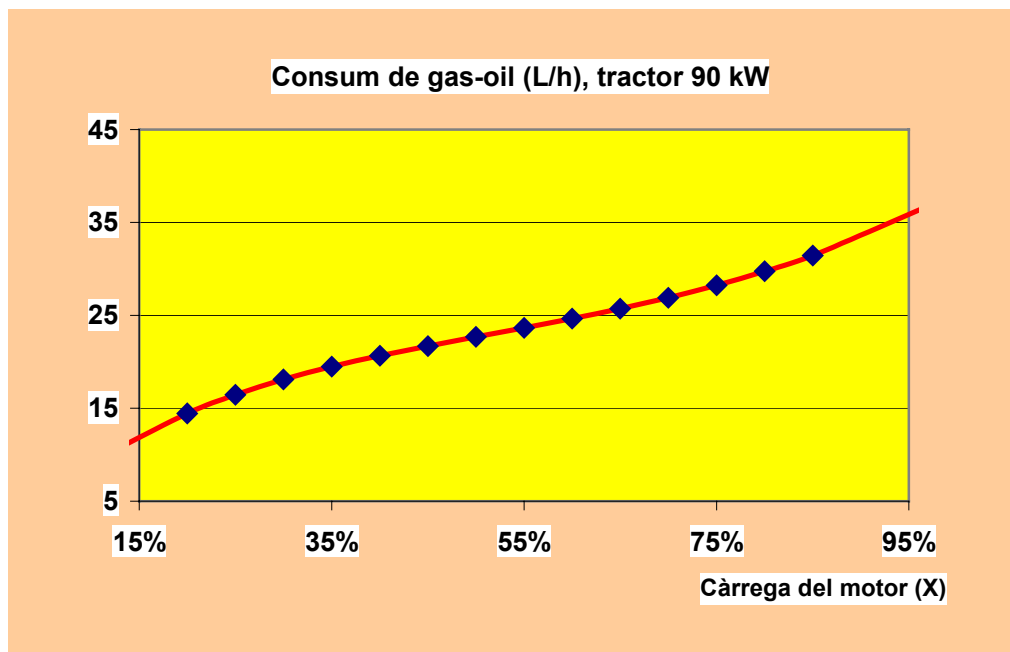
densitat gas-oil (g/L)

830

Càrrega del motor	Consum específic			Test Nebraska g/CV·h	Consum L/h					
	L/kW·h	g/kW·h	g/CV·h		Potència màxima (kW)					
				10	30	50	70	90	110	
13%	0,924	767	564		1,20	3,60	6,01	8,41	10,81	13,21
20%	0,803	667	490	426	1,61	4,82	8,03	11,25	14,46	17,67
25%	0,732	607	446		1,83	5,49	9,15	12,81	16,46	20,12
30%	0,671	557	409	356	2,01	6,03	10,06	14,08	18,10	22,13
35%	0,618	513	377		2,16	6,49	10,82	15,14	19,47	23,80
40%	0,574	476	350	304	2,29	6,88	11,47	16,06	20,65	25,23
45%	0,536	445	327		2,41	7,23	12,05	16,87	21,70	26,52
50%	0,504	418	307	267	2,52	7,56	12,60	17,64	22,68	27,72
55%	0,478	397	291		2,63	7,88	13,14	18,39	23,65	28,90
60%	0,456	379	278	242	2,74	8,22	13,69	19,17	24,65	30,13
65%	0,440	365	268		2,86	8,58	14,29	20,01	25,73	31,44
70%	0,427	355	261	226	2,99	8,97	14,95	20,93	26,91	32,89
75%	0,418	347	255		3,14	9,41	15,69	21,97	28,24	34,52
80%	0,413	343	252	219	3,31	9,92	16,53	23,14	29,75	36,36
85%	0,411	341	251		3,50	10,49	17,48	24,47	31,46	38,45
100%	0,423	351	258	224	4,23	12,69	21,14	29,60	38,06	46,52

<sup>(1)</sup> proporciona valors de l'ordre d'un 15% superiors a l'assaig de la Universitat de Nebraska, per fer-ho més proper a la realitat de camp

Finalment, en el gràfic adjunt, es proporcionen els consums per al cas concret d'un tractor de 90 kW.



### **Reparació i manteniment (R&M)**

A mida que s'avança en la vida de la màquina, els costos de reparació i manteniment (R&M) s'incrementen com a conseqüència del desgast dels diferents components i mecanismes.

Les reparacions i el manteniment són necessaris per a poder mantenir el nivell de seguretat correcte i una màxima eficiència en l'operació. Les reparacions també poden ser necessàries després d'una avaria accidental, desgast o negligència de l'operador. Les rehabilitacions de les màquines per a la reconversió del seu ús no han de contemplar-se com a avaries si no com a inversió.

Segons regió, màquina, operació, operari i altres factors el cost de R&M variarà. En general, les màquines incrementen els costos de R&M a mida que es van desgastant com a conseqüència del treball.

ASAE, a la norma ASAE EP496.2, proposa un sistema de predicció dels costos de R&M que proporciona uns valors creixents al llarg de la vida de la màquina. Tot i que el plantejament respon a la realitat (a mida que avancem en l'edat de la màquina, s'incrementen els costos de R&M), els valors obtinguts poden ser en les nostres coordenades, bastant superiors a l'experiència propera. Cal prendre doncs els resultats d'aquesta predicció amb certa reserva i fer, si s'escau, les correccions necessàries a partir de la pròpia experiència.

$$R \& M (\epsilon) = Valor\_adquisició(\epsilon) \times RF1 \times \left( \frac{Vida \ \acute{u}til(h)}{10^3} \right)^{RF2}$$

A continuació, a la **Taula 3**, es mostra la taula amb els valors dels coeficients RF1 i RF2 per a cada tipus de màquina (ASAE D497.4)

<b>Taula 3. Coeficients per al càlcul dels costos R&amp;M (ASAE D497.4)</b>		
	<b>RF1</b>	<b>RF2</b>
<b>TRACTORS</b>		
Tractor 2RM i estacionaris	0,007	2,0
Tractor 4RM i cadenes	0,003	2,0
<b>TREBALL DEL SÒL I IMPLANTACIÓ DEL CULTIU</b>		
Arades de pales (vertedera)	0,29	1,8
Arades de discs	0,18	1,7
Arades de disc en tàndem	0,18	1,7
Arades de cisells (xissel)	0,28	1,4
Cultivador	0,27	1,4
Grada canandença	0,27	1,4
Corró, cilindre compactador	0,16	1,3
Corró dentat (mulching)	0,16	1,3
Arada rotativa, rotovator	0,23	1,4
Cultivador entre línies	0,17	2,2
Rotocultivador	0,36	2,0
Plantadora a línies	0,32	2,1
Sembradora a línies	0,32	2,1
<b>RECOL·LECCIÓ</b>		
Recol·lectora afileradora de panís	0,14	2,3
Recol·lectora de cereals arrossegada	0,12	2,3
Recol·lectors de cereals	0,04	2,1
Segadora de farratges	0,46	1,7
Segadora rotativa	0,44	2,0
Segadora condicionadora	0,18	1,6
Segadora condicionadora rotativa	0,16	2,0
Segadora afileradora autopropulsada	0,06	2,0
Rampill afilerador	0,17	1,4
Embaladora de bales rectangulars	0,23	1,8
Embaladora de grans bales rectangulars	0,10	1,8
Embaladora de bales cilíndriques	0,43	1,8
Recol·lectora de farratges	0,15	1,6
Recol·lectora de farratges autopropulsada	0,03	2,0
Recol·lectora de patates	0,19	1,4
Segadora afileradora de mongeta	0,20	1,6
Recol·lectora de mongeta	0,20	1,6
Descoronadora de remolatxa	0,28	1,4
Carregadora pneumàtica de farratge	0,22	1,8
Remolc de farratges	0,16	1,6
<b>FERTILITZACIÓ I TRACTAMENTS</b>		
Distribuïdora de fertilitzants	0,63	1,3
Polvoritzadors de conreus baixos	0,41	1,3
<b>TRANSPORT</b>		
Remolc	0,16	1,3

## Resum

### Fòrmules utilitzades per l'eina de càlcul

$$\text{Depreciació per } \underline{\text{obsolescència}} \text{ (€/h)} = (Va - Vf) / \text{Vida útil (anys)} / \dot{U}\text{s anual (h)}$$

$$\text{Interessos (€/h)} = \text{Taxa} * [(Va (\text{€}) + Vf (\text{€})) / 2] / \dot{U}\text{s anual (h)}$$

$$\text{Magatzem (€/h)} = \text{Magatzem (€/any)} / \dot{U}\text{s anual (h)}$$

$$\text{Assegurança (€/h)} = \text{Assegurança (€/h)} / \dot{U}\text{s anual (h)}$$

$$\text{Depreciació per } \underline{\text{desgast}} \text{ (€/h)} = (Va - Vf) / \text{Vida útil (h)}$$

$$\text{Combustible (€/h)} = \text{Potència (kW)} * 0,7 * \text{Consum específic (L/kWh)} * \text{Preu (€/l)}$$

$$\text{R\&M (€/h)} = [Va (\text{€}) * RF1 * (\text{Vida útil (h)} / 1000)^{RF2}] / \text{Vida útil (h)}$$

$$\text{Cost total (€/h)} =$$

$$= \text{Obsolescència} + \text{Interessos} + \text{Magatzem} + \text{Assegurança} + \text{Desgast} + \text{Gas-oil} + \text{R\&M}$$

Finalment, l'eina calcula la vida útil en hores i anys per a diferents hipòtesis de treball anual. Es tracta del període temps necessari per a que, com a conseqüència de la depreciació conjunta per obsolescència i desgast, el valor de la màquina arribi al valor final.

$$\text{Vida útil (h)} = (Va (\text{€}) - Vf (\text{€})) / (\text{Desgast (€/h)} + \text{Obsolescència (€/h)})$$

$$\text{Vida útil (anys)} = [(Va (\text{€}) - Vf (\text{€})) / (\text{Desgast (€/h)} + \text{Obsolescència (€/h)})] / \dot{U}\text{s anual (h)}$$

on:

*Va*: valor d'adquisició de la màquina

*Vf*: valor al final de la vida útil de la màquina

## Com utilitzar l'eina de càlcul de costos ?

Dades a introduir (exemple per al cas dels tractors agrícoles)

Potència a la p.d.f. (kW)	80
Valor d'adquisició, sense impostos (€)	27.000
Vida útil (h)	8.000
Vida útil (anys)	15
Valor final (% del valor d'adquisició)	10%
Factor de càrrega del motor (X)	0,8
Preu del gas-oil (€/L)	0,45

R&M	ASAE D497.3 Table 3 RF1	0,003
	RF2	2,0

Taxa d'interès	4%
Assegurança (€/any)	120
Magatzem (€/any)	50

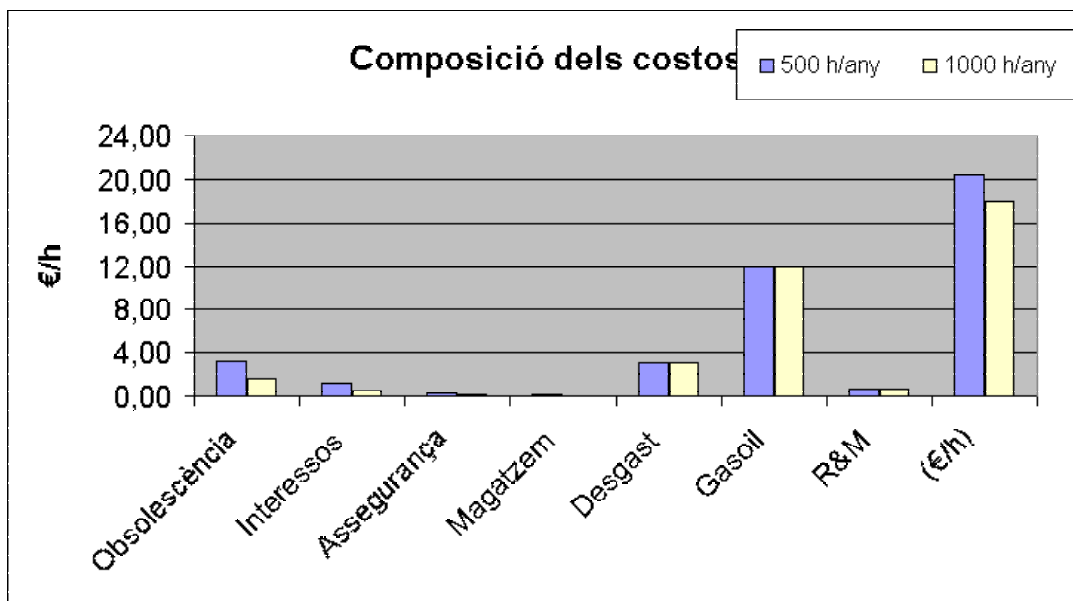
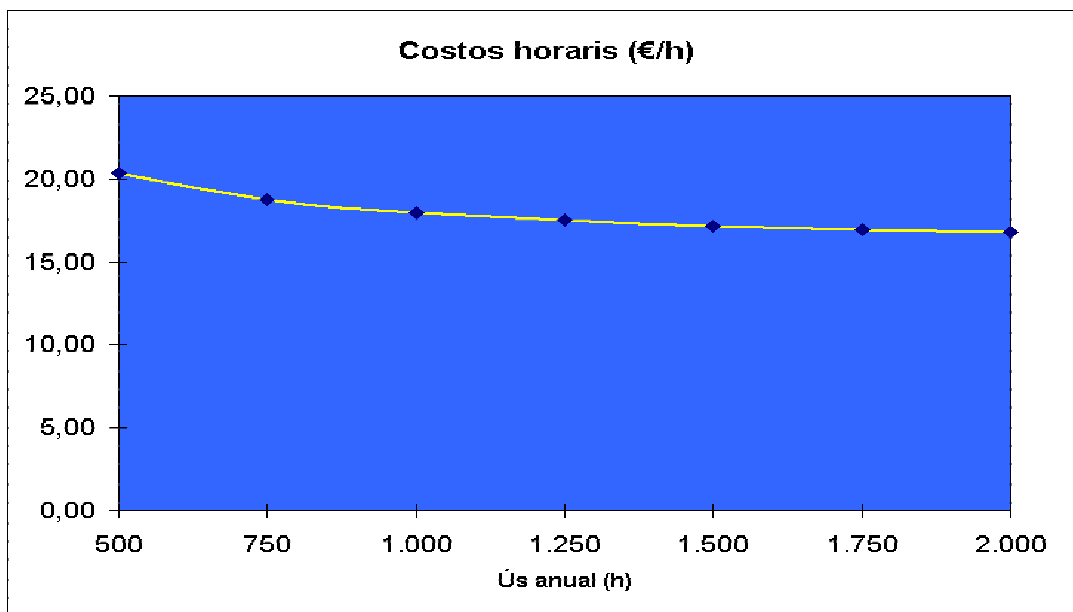
## Valors retornats

Valor final (€)		2.700
Consum específic de gas-oil (L/KWh)	ASAE EP496,2	0,413
Consum horari (L/h)		26,44

R&M (€/h)		0,648

## Taula i gràfics de resultats

Ús anual (h)	Costos fixes				Costos variables			Cost total (€/h)	Vida útil	
	Obsolescència	Interessos	Assegurança	Magatzem	Desgast	Gasoil	R&M		hores	anys
500	3,24	1,19	0,24	0,10	3,04	11,90	0,65	20,35	3.871	7,74
750	2,16	0,79	0,16	0,07	3,04	11,90	0,65	18,76	4.675	6,23
1.000	1,62	0,59	0,12	0,05	3,04	11,90	0,65	17,97	5.217	5,22
1.250	1,30	0,48	0,10	0,04	3,04	11,90	0,65	17,49	5.607	4,49
1.500	1,08	0,40	0,08	0,03	3,04	11,90	0,65	17,17	5.902	3,93
1.750	0,93	0,34	0,07	0,03	3,04	11,90	0,65	16,95	6.131	3,50
2.000	0,81	0,30	0,06	0,03	3,04	11,90	0,65	16,78	6.316	3,16



## Altres eines recomanades per al càlcul de costos d'utilització de màquines agrícoles

### CostoMaq

Ing. Agr. Lidia Donato. INTA. Instituto de Ingeniería Rural. Castelar. Buenos Aires. Argentina



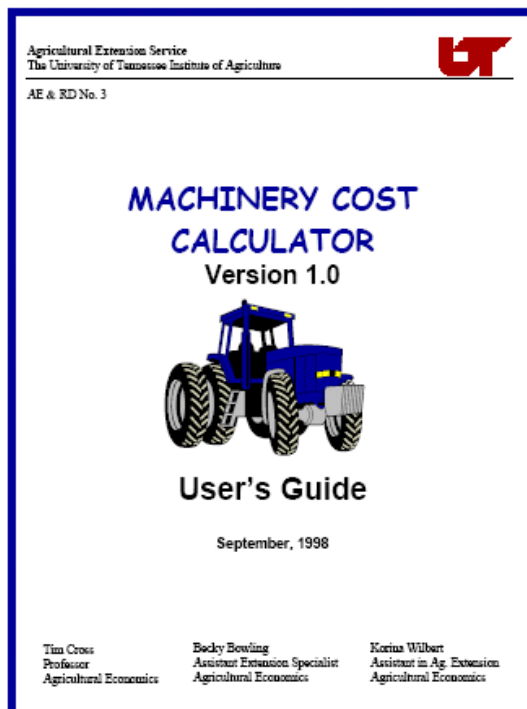
Costomaq.exe

[www.inta.gov.ar/iir/info/Gestion/costomaq.htm](http://www.inta.gov.ar/iir/info/Gestion/costomaq.htm)

### Machinery Cost Calculator

T Cross et al. Univ. Tennessee

<http://economics.ag.utk.edu/text/mccsoft.html>



### **Bibliografia complementària**

ASAE S495.Dec 94. *Uniform terminology for agricultural machinery management.*

ASAE EP496.2 Mar94. *Agricultural machinery management.*

ASAE D497.4 Jan98. *Agricultural management data.*

Ballester, E. Principios de economía de la empresa. Alianza Universidad. Madrid. 1978.

Hunt, D. *Engineering models for agricultural production.* Avi Publishing co, Inc. Westport, 1986.

Witney, B. *Choosing and using farm machines.* Longman Scientific & Technical. New York, 1988.