

Comportamiento del motor del tractor Kubota B3030

funcionando con mezclas de gasóleo y biodiésel

En este artículo se expone la primera parte de los resultados de los ensayos conjuntos realizados por el Departamento de Ingeniería Rural de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSI Agrónomos) de la UPM y la Estación de Mecánica Agrícola (EMA), del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), en un tractor agrícola, utilizando como combustible biodiésel, gasóleo y mezclas de ambos.

Los ensayos se han realizado durante los meses de abril y mayo de 2007 en la EMA y han contado con el apoyo de Kubota España, Repsol YPF, Bionor Transformación, y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). El objetivo de la investigación ha sido determinar el comportamiento de los parámetros de salida del motor (potencia, consumo y par) utilizando como combustible de referencia el gasóleo y mezclando éste con biodiésel en tres proporciones: 10, 20 y 30%.



IVO MILÁN MEDINA.
Ingeniero Mecánico, Doctorando de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

MANUEL CAMPS MICHELENA.
Catedrático de motores y máquinas agrícolas. ETSI Agrónomos UPM.

JOSÉ LUÍS PONCE DE LEÓN ESTEBAN.
Ingeniero Agrónomo. Director de la Estación de Mecánica Agrícola de Madrid.

El empleo del biodiésel mezclado con gasóleo como combustible en motores diésel se ha convertido en una práctica bastante frecuente; en el ámbito europeo, la Directiva 2003/30/CE, relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte, establece que para 2010 el 5,75% del com-

bustible destinado al transporte que se comercialice en los países del área deberá corresponder a biocarburantes. España se ha propuesto superar estos límites y a través de la disposición adicional decimosexta de la Ley 34/1998 del sector de los hidrocarburos, elevó a 5,83% esta cifra.

A día de hoy existen dos factores de tanta o más importancia que las regulaciones legales citadas para el incremento de la producción y el consumo de biocarburantes; el primero, los efectos ya incuestionables del cambio climático, donde las emisiones de la combustión de los combustibles fósiles desempeñan un rol protagonista; el segundo es el incremento continuo y desproporciona-

do del precio del petróleo.

El estudio del comportamiento de distintos parámetros del motor utilizando biodiésel es un tema usual en el área de automoción, pero no lo es tanto en el caso de los motores agrícolas. Los ensayos que aquí se resumen presentan además elementos novedosos, entre ellos, que el estudio se haga en un tractor con motor de pequeña cilindrada; a este grupo de tractores no siempre se le atribuye la importancia que realmente tienen a pesar de que representan, según los datos estadísticos del Registro Oficial de Maquinaria Agrícola, el 12% de los tractores inscritos en 2007, y el 18% del parque nacional de tractores según un estudio realizado en 2006. Otro aspecto a significar

es que se ha seleccionado un tractor equipado con un motor con cámara de combustión separada, en este caso con cámara de turbulencia; y de este tipo de motores son escasos los datos que se tienen.

Las cámaras de turbulencia basan su principio de funcionamiento en hacer pasar el aire desde la cámara principal hasta la cámara de turbulencia, que tiene forma esférica, a través de uno o varios canales orientados de manera tal que provoquen un violento movimiento de rotación del aire. La velocidad de la carga que pasa por el canal de comunicación de las dos cavidades aumenta durante la compresión y alcanza su valor máximo cuando el pistón está cerca del punto muerto superior (PMS); el combustible que se inyecta en la cámara de turbulencia se mezcla con el torbellino de aire, se vaporiza y arde parcialmente; a causa de ello se eleva la



Arriba: detalle del freno dinámico métrico usado en los ensayos. Abajo: medición auxiliar de la temperatura del líquido refrigerante.



presión en esta cámara y supera la existente en la cámara principal, con lo que el combustible que queda sin quemar, junto con los productos de la combustión, pasa a gran velocidad hacia la cámara principal, lo que hace que se creen las condiciones favorables para que ese combustible se mezcle con el aire que se encuentra allí y arda rápidamente.

Cuadro I. Características del tractor.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Marca	Kubota
Modelo	B3030HDB
Clase	Ruedas doble tracción
Embrague	Mecánico, un disco en seco
Transmisión	Hidrostática
Toma de fuerza	Trasera, a 540 rpm
Dirección	Hidrostática

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

Marca	Kubota
Modelo	V1505
Versión	EU 12
Ciclo	4 tiempos diésel
Diámetro (mm)	78
Carrera (mm)	78,4
Cilindrada (cm ³)	1.498
Número y disposición de los cilindros	4 en línea
Orden de encendido	1-3-4-2
Sistema de combustión	Con cámara de turbulencia
Relación de compresión	24±1:1
Velocidad mínima en vacío (rpm)	800
Potencia motor S.A.E kW (CV)	22,1 (30)
Potencia nominal (kW/rpm)	19,7 /2600
Par nominal (Nm/rpm)	87,5/1600±200
Sistema de refrigeración	Agua
Admisión de aire	Aspiración natural
Inyección de combustible	Bomba lineal (Bosch) de 4 secciones
Sistema de lubricación	A presión (bomba Kubota).

Materiales y métodos

Los ensayos se han realizado con un tractor Kubota, modelo B3030, con motor tipo V1505, versión EU12. Las características del tractor aparecen en el **cuadro I**.

Los datos del par motor y la potencia se han obtenido con un freno eléctrico, de corrientes parásitas (de Foucault), marca Shenck, modelo W 700.

El control del consumo de combustible se efectuó mediante un caudalímetro marca AVL

Figura 1.

Cámara de turbulencia del motor del tractor Kubota B3030 utilizada en los ensayos. Fuente: Kubota Corporation.

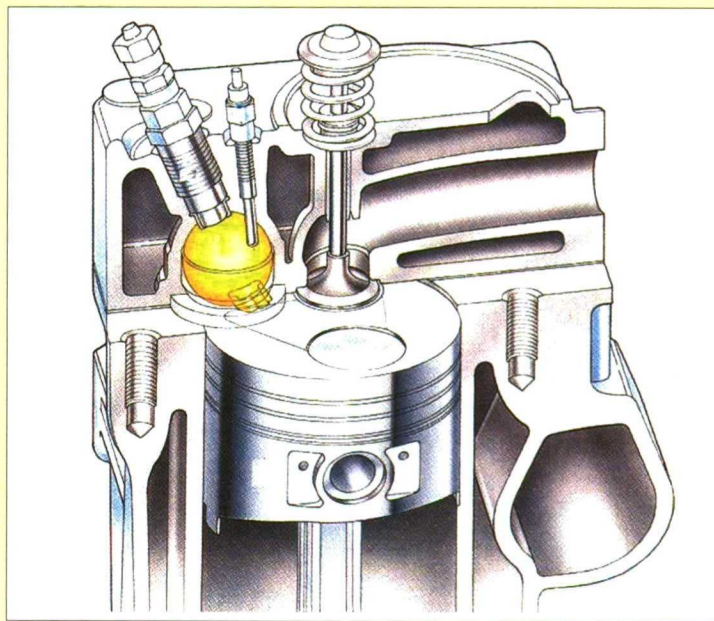




Foto izda.: El control del consumo de combustible se efectuó mediante un caudalímetro marca AVL modelo 730.

Foto dcha.: Se ha utilizado como combustible de referencia el gasóleo E+ y mezclas de éste con biodiésel al 10, 20 y 30%.

modelo 730; este es un equipo de medición de consumo de combustible de alta precisión, la medida se hace por el método de medición de masa (gravimétrico) y es operado electrónicamente con un módulo (7030-1)

situado en la cabina de control de la instalación de ensayos.

El freno dinamométrico empleado en los ensayos es controlado por un panel situado en una cabina insonorizada. El panel de control está conectado a un ordena-

dor con un software que recibe los datos de las mediciones del freno, del medidor de consumo de

combustible y de diversos sensores y termopares que registran los parámetros atmosféricos (humedad, presión, temperatura) y de trabajo del motor (temperatura del agua, del aceite, del aire de la admisión, etc.). Los distintos parámetros se visualizan en la pantalla del ordenador.

Se han utilizado en esta pri-

Figura 2.

Comportamiento de la potencia nominal.

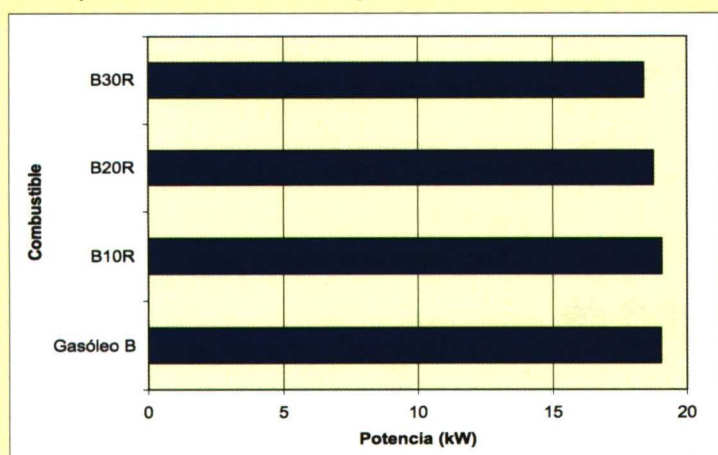
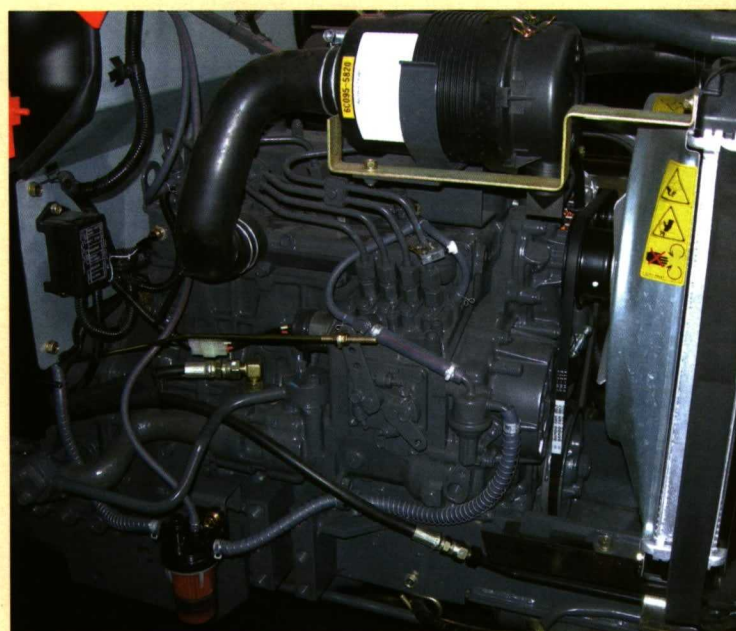
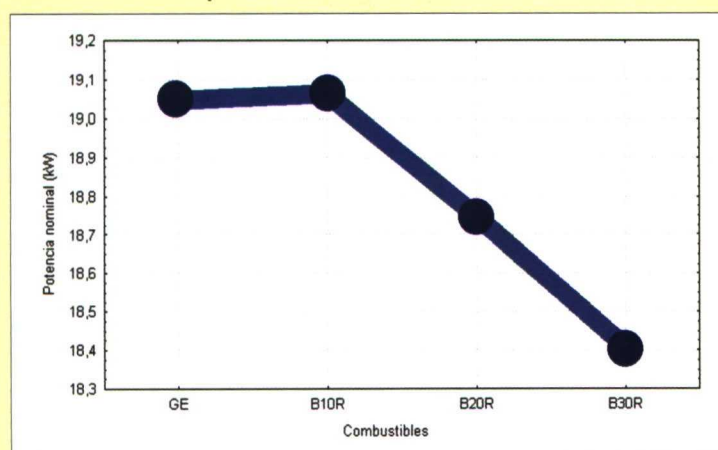
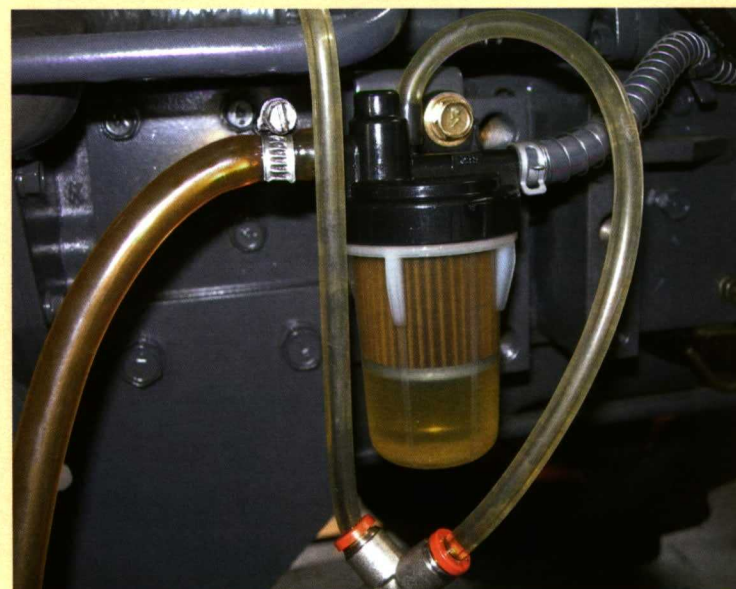


Figura 3.

Medias de la potencia nominal.



Detalle del motor del tractor usado en los ensayos.



Detalle del filtro de combustible del tractor.

Cuadro II. Especificaciones de los combustibles utilizados en los ensayos.

Propiedades	Unidad	Gasóleo E +	B10R	B20R	B30R	Especificación RD 1700/2003		Normas	
						mínimo	máximo		
Densidad 15°C,	kg/m³	841	845	849,1	853,3	820	845	EN ISO 12185	ASTM D4052
Hidrocarburos policíclicos aromáticos	% m/m³	3,6	3	2,6	2,3	11		EN ISO 12916	
Contenido en azufre	mg/kg	22,9	20	17,5	14,9	50		EN ISO 20846	
Viscosidad cinemática a 40°C	mm²/s	3,103	3,168	3,245	3,333	2,00	4,50	EN ISO 3104	ASTM D445
Residuo carbonoso	% m/m	0,01	0,03	0,03	0,04	0,30		EN ISO 10370	ASTM D4530
Agua	mg/kg	50	75	107	145	200		EN ISO 12937	
Partículas sólidas (contaminación total)	mg/kg	2	2	<1	5	24		EN ISO 12662	
Contenido de cenizas	% m/m	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01		EN ISO 6245	ASTM D482
Estabilidad a la oxidación	g/m³	2	2	1	2	25		EN ISO 12205	ASTM D2274
Poder Calorífico Inferior	MJ/kg	42,88	41,97	41,9	41,58				

Cuadro III. Resultados de las mediciones de los parámetros del motor.

Combustible	Potencia (kW)	Consumo específico (g/kW-h)	Consumo horario (kg/h)	Par motor máximo (N-m)
Gasóleo E	19,04	289	5,5	82,1
B10R	19,06	291,6	5,56	82,1
B20R	18,75	296,5	5,56	81,3
B30R	18,4	308,8	5,68	81,3

mera parte, como combustible de referencia el gasóleo E+ y mezclas de éste con biodiésel al 10, 20 y 30%, todas suministradas por Repsol; convencionalmente se han identificado las mezclas como B10R, B20R, y B30R, para diferenciarlas de otras muestras. En el **cuadro II** se muestran las propiedades de los distintos combustibles.

Las pruebas se han realizado según lo establecido en el Código 2 de la OCDE: *Standard Code for the official testing of agricultural and forestry tractor performance*, en el capítulo que establece la metodología para los ensayos de potencia a la toma de fuerza (*Power take-off and engine test*).

Considerando que los ensayos se efectuaron en un período

relativamente largo de tiempo, y con el objetivo de poder establecer comparaciones en condiciones similares se han realizado correcciones a los datos de las mediciones de la potencia, llevándolas a las condiciones atmosféricas de referencia establecidas en la norma UNE 68028. (Tractores agrícolas. Ensayos de potencia a la toma de fuerza. Factores de corrección).

Resultados

Los resultados de los ensayos que se ofrecen en este caso evalúan la potencia y el consumo de combustible a régimen nominal del motor y muestran además el valor del par máximo logrado para cada uno de los combustibles.



Tacómetro auxiliar para medición de la velocidad del motor.

Los valores de los parámetros obtenidos aparecen en el **cuadro III**.

En la **figura 2** se puede apreciar la variación de la potencia no

minal para los tres combustibles, el comportamiento de las medias de las mediciones de la potencia se representa en la **figura 3**.

Las **figuras 4, 5 y 6** muestran la variación del consumo específico y horario de combustible y el comportamiento del par motor máximo, respectivamente.

Se comprueba estadísticamente que entre el gasóleo E+ y una mezcla al 10% de éste con biodiésel, no hay variaciones significativas de potencia ni de consumo; las diferencias son de significación, para la potencia y el consumo específico para

Figura 4.

Comportamiento del consumo específico de combustible en el régimen nominal.

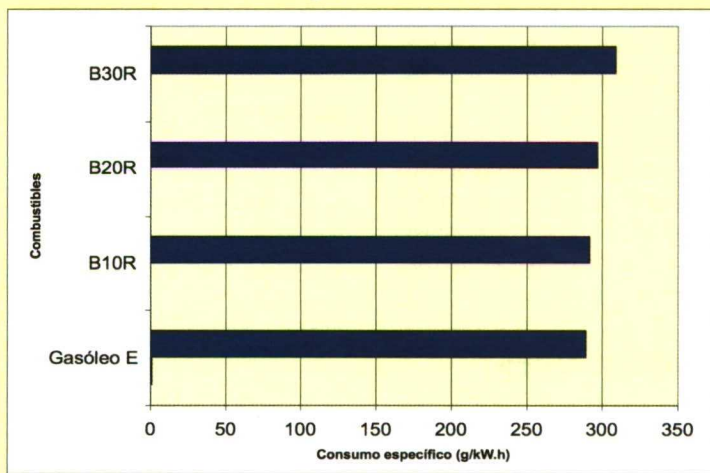


Figura 5.

Comportamiento del consumo horario de combustible a régimen nominal.

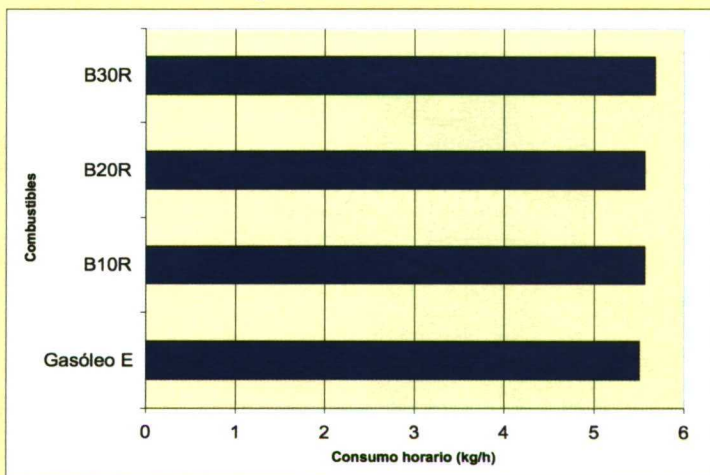
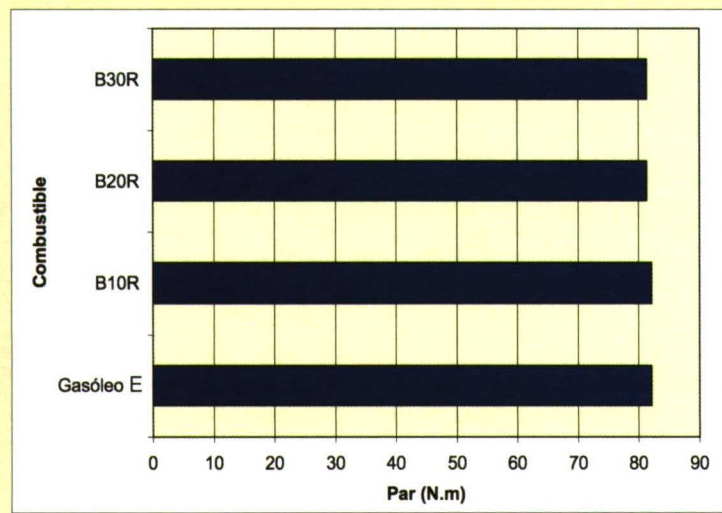


Figura 6.

Comportamiento del par motor máximo.



el caso del B20R y el B30R, en tanto que el consumo horario sólo lo es para el B30R.

Para el caso del par motor máximo no existen diferencias significativas entre los combustibles utilizados en el ensayo.

Las figuras 7 y 8 representan gráficamente el comportamiento de las medias de los valores de la potencia y el consumo de combustible en el régimen nominal.

Conclusiones

En la realización de las pruebas se ha podido comprobar que el motor ha funcionado de manera estable.

Para el caso de estos ensayos es conveniente establecer la diferencia entre la signifi-

cación estadística de la variación y su significación práctica; por lo general, los motores de combustión no estacionarios se explotan muy rara vez en regímenes de potencia nominal o máxima, por lo que variaciones de hasta el 10% de la potencia no son prácticamente apreciables en la mayoría de los casos, aunque sí lo son desde el punto de vista estadístico. Teniendo en cuenta esta consideración, y las "urgencias globales" medioambientales, y también, ¿por qué no? económicas, originadas por las causas citadas al inicio, el empleo de mezclas de gasóleo con biodiésel en porcentajes de hasta el 30%, como las utilizadas en los ensayos son, desde el punto de vista de las prestaciones del motor, totalmente viables. ■

Figura 7.

Medias del consumo específico.

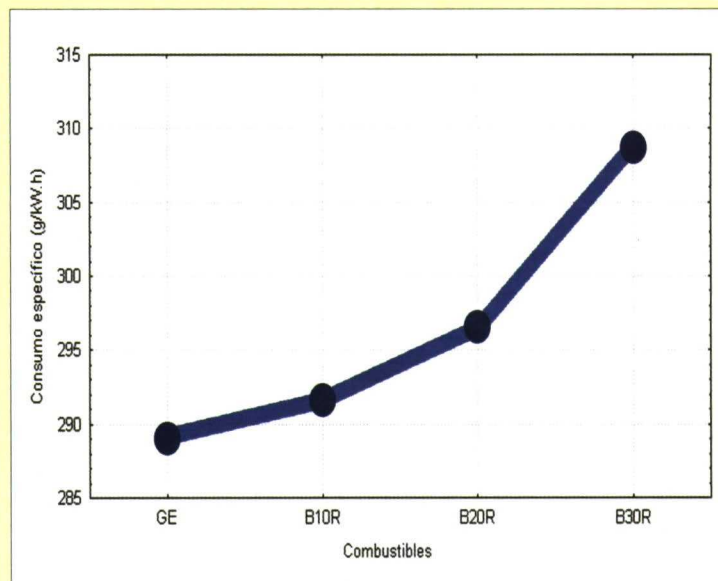
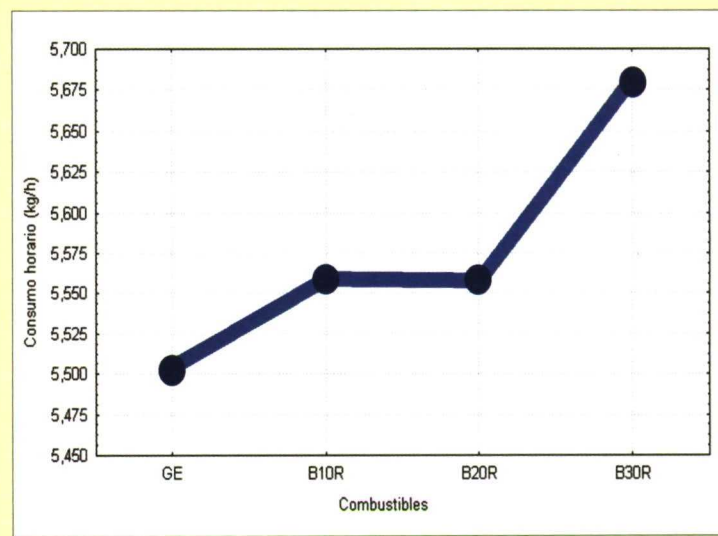


Figura 8.

Medias del consumo horario a régimen nominal.



BENZI & DI TERLIZZI

Reduco

AGRINAVA

**CARDANS,
REDUCTORES Y
MULTIPLICADORES**

Nudos fabricados en forja, para las más exigentes necesidades de la maquinaria agrícola

