

Características y comportamiento de los neumáticos agrícolas

Descripción de los principales elementos de un neumático, tipos, dimensiones y marcado

Hasta ahora, el neumático ha sido considerado un elemento más constituyente del tractor o máquina agrícola, pero con importancia limitada o desconocida dentro de la función global que desarrolla. Esto se justifica por el hecho de que, al comprar el equipo, los neumáticos vienen ya colocados, por lo que el usuario supone que son los adecuados, sin contemplar la posibilidad de sustituirlos por otros en función de la tarea que se vaya a realizar. Sin embargo, es necesario entender el importante papel que desempeñan en los trabajos agrícolas y los avances tecnológicos que se están desarrollando en este sector.

**Gregorio L. Blanco Roldán y
Nuria Marcos Álvarez.**

Grupo de Investigación
"Mecanización y Tecnología
Rural". ETSI Agrónomos y de
Montes. Departamento de
Ingeniería Rural.
Universidad de Córdoba.

La evolución que se está experimentando en los últimos años hacia una agricultura más tecnificada y productiva ha resaltado el importante papel que los neumáticos desempeñan, destacando los nuevos productos que mejoran las características de tracción, reducen el impacto sobre el suelo y posibilitan mayor nivel de confort del operario.

Por tanto, los técnicos y agricultores deben conocer cuáles son las características principales del neumático, cómo utilizarlo para aprovecharlas al máximo y qué tipo de neumático es el apropiado para cada operación.

Elementos de un neumático

La denominada rueda neumática está constituida por dos partes (**foto 1**): una metálica (rueda), formada por la llanta y el disco; y una neumática (neumático), formada por la cámara y la cubierta.

La llanta sirve para acoger el neumático, ya que las pestañas mantienen los flancos cuando éste se infla. Puede ser con forma de hueco simple (designada como W en los catálogos comerciales) o con forma de hueco doble (designada como DW). Mediante el disco se une la llanta al plato de la rueda.

Además de su función portante, ambos elementos permiten variar el ancho de vía del tractor para adaptarse a las diferentes condiciones de cultivo. Generalmente, esto se consigue combinando tres variables: concavidad del disco, excentricidad de la oreja de la

llanta y sujeción de la llanta al disco. En la **figura 1** se muestran las siete posiciones que pueden adoptarse para variar el ancho de vía trasero de un tractor, tal y como aparece en el manual de instrucciones del mismo.

La cámara es un tubo cerrado de forma tórica, con paredes delgadas de caucho de gran flexibilidad y baja porosidad para mantener la presión del aire en su interior. Incorpora una válvula de inflado de características normalizadas que, además, debe ser adecuada para el llenado del neumático con agua para lastrarlo.

El uso de neumáticos sin cámara (se identifican

con la palabra *tubeless*) está cada vez más extendido en agricultura, ya que presentan beneficios en su comportamiento. En este caso se llena de agua la cu-

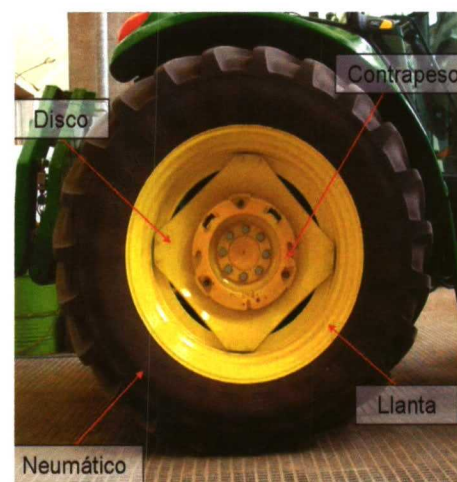
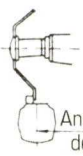
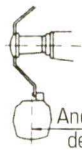
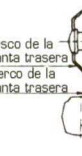
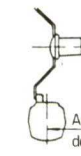


Foto 1. Partes de una rueda neumática.

FIGURA 1.
VARIACIÓN DEL ANCHO DE VÍA TRASERO DE UN TRACTOR.

(1)	(2)	(3)	(4)
			
Anchura de vía	Anchura de vía	Anchura de vía	Anchura de vía
1.425 mm	1.512 mm	1.628 mm	1.716 mm
(5)	(6)	(7)	
			
Anchura de vía	Anchura de vía	Anchura de vía	
1.831 mm	1.919 mm	2.034 mm	

bierta, empleando válvulas aire/agua específicas.

La cubierta es la parte exterior del neumático, constituida por los siguientes elementos (**figura 2**): carcasa, talones, flancos y banda de rodadura.

La carcasa está formada por varias lonas de cable de refuerzo que se extienden de talón a talón. Soporta la carga sobre el neumático y proporciona resistencia y flexibilidad. Su construcción diferencia dos tipos fundamentales de neumáticos: diagonales y radiales.

La zona rígida que asienta sobre las pestañas de la llanta recibe el nombre de talón. Por su interior discurren unos aros de acero que mantienen el neumático en su posición y lo hermetizan.

Los flancos son los costados del neumático, que protegen las lonas de la carcasa y confieren flexibilidad. Sobre el flanco se realiza el marcado del neumático, que incluye las principales características técnicas del mismo.

La parte que está en contacto directo con el suelo recibe el nombre de banda de rodadura. Pre-

senta unos resaltes o tacos, de dimensiones y formas variables según la función del neumático, que conforman el dibujo de la cubierta. Permiten transmitir al suelo las fuerzas de tracción, frenado y dirección, y limitar las pérdidas de potencia debidas al resbalamiento.

Tipos de neumáticos

En función de la disposición de las lonas de la carcasa se distinguen (**figura 3**):

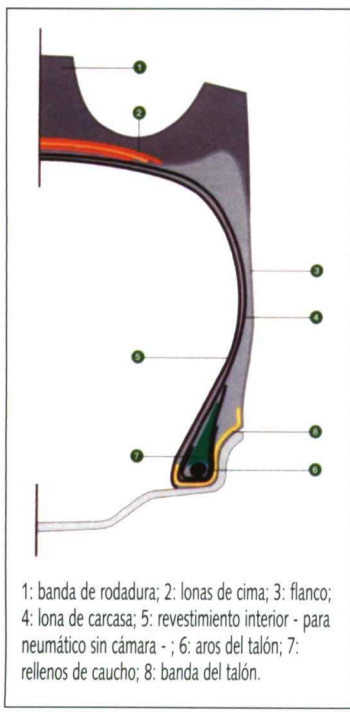
- Neumáticos convencionales o diagonales. Los hilos que componen las lonas se disponen formando un ángulo entre 30° y 40° respecto al plano medio del neumático. Cada par de lonas está colocado en sentido opuesto, formando un patrón entrecruzado. Cuanto mayor sea el número de pares de lonas, mayor será la resistencia de la cubierta, hecho que es indicado mediante el parámetro Ply Rating (PR) o número de lonas, que suele tomar los valores de 6, 8, 10 y 12 para tractores de potencia media de uso en carretera y campo.

- Neumáticos radiales. Los hilos forman un ángulo de 90° respecto al plano medio del neumático. Para reforzar la banda de rodadura, debajo de ésta y encima de las lonas, se sitúan varias capas con hilos formando ángulos entre 15° y 25° , denominadas lonas de cima, que también confieren estabilidad.

En este caso, la resistencia de la cubierta se indica con el índice de carga, que representa la carga máxima (kg) que puede soportar el neumático, para la presión de referencia y una velocidad máxima de circulación (generalmente, 40 y 50 km/h, en neumáticos radiales agrícolas para ruedas motrices).

La forma de construcción del neumático diagonal hace que la banda de rodadura sea solidaria con los flancos, así todas las deformaciones de éstos son transmitidas a la banda, originándose fricciones con el suelo y deformación de la superficie de contacto. Esto supone menor adherencia,

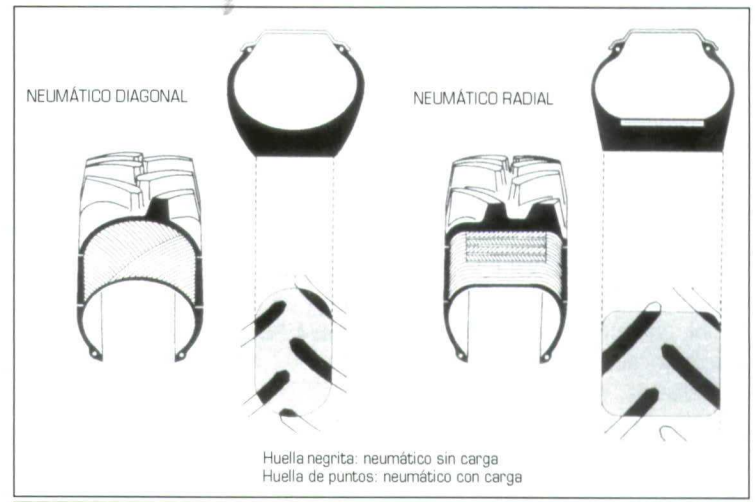
FIGURA 2.
ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL NEUMÁTICO (RADIAL).



1: banda de rodadura; 2: lonas de cima; 3: flanco; 4: lona de carcasa; 5: revestimiento interior - para neumático sin cámara -; 6: aros del talón; 7: rellenos de caucho; 8: banda del talón.

FIGURA 3.

TIPOS DE NEUMÁTICOS SEGÚN SU ESTRUCTURA.



Huella negra: neumático sin carga
Huella de puntos: neumático con carga

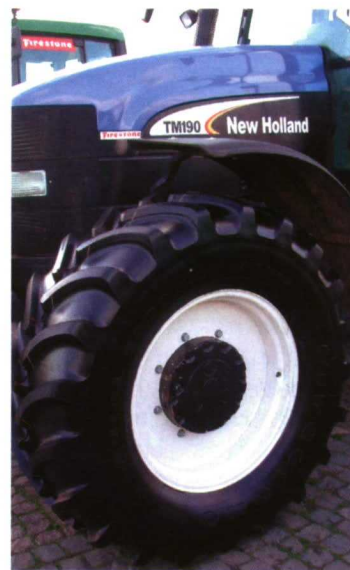


Foto 2. Neumático radial.

Según el tipo de eje sobre el que van montados, los neumáticos se diferencian en: neumáticos para ruedas motrices y neumáticos para ruedas directrices.

Se caracterizan en función del dibujo de la banda de rodadura. Así, los primeros presentan resaltes en forma de V, que se colocan con el vértice indicando el sentido del movimiento, de tal forma que se clave en el terreno, favoreciéndose la tracción. Para uso general, en diferentes tipos de suelo, se emplea la banda de rodadura designada como R-1. La variante R-1W, de mayor altura de garra, está indicada para tracción en húmedo y la R-2 se utiliza para trabajos en suelos encharcados, como es el caso del cultivo del arroz.

En las ruedas directrices, el dibujo del neumático está formado por resaltes o nervios longitudinales que recorren toda la banda de rodadura. Pueden ser de nervio único o de nervio múltiple, designándose como F1 o F2, respectivamente.

Aplicaciones agrícolas

En la fabricación de neumáticos agrícolas se diferencian las siguientes aplicaciones:

- Ruedas motrices:

- Para tractores, cosechadoras (**foto 3**) y máquinas autopropulsadas.

pulsadas (**foto 4**).

- Para aplicaciones agroindustriales (**foto 5**), como retroexcavadoras, manipuladoras telescópicas, minicargadoras, etc.
- Ruedas directrices.
- Ruedas para remolques.
- Ruedas para máquinas agrícolas y motocultores.
- Ruedas para máquinas forestales.

Las ruedas motrices y de remolques están disponibles en los tipos de carcasa convencional y radial, aunque éstos últimos tienen mayor cuota de mercado.

Además, se han desarrollado diversos tipos de neumáticos radiales para ruedas motrices buscando la adaptación óptima al trabajo realizado. Así, junto con el neumático estándar, aparecen modelos estrechos (diseñados para cultivos en hileras y máquinas autopropulsadas de aplicación de fitosanitarios), anchos (que mejoran la tracción y reducen la compactación) y de gran volumen (ofrecen el máximo de flotación y tracción) (**figura 4** y **cuadro I**).

Otras aplicaciones utilizan ruedas gemelas para transmitir menor presión al suelo y aumentar la adherencia, pudiendo combinar neumáticos estrechos y estándar (**foto 6**).

Dimensiones y marcado

En la **figura 5**, se muestran las dimensiones del neumático y de la llanta, que aparecen como referencia en los catálogos comercia-



Foto 3 (arriba). Neumático adaptado para cosechadoras.

Foto 4. Pulverizador autopropulsado equipado con neumáticos radiales estrechos.



les junto con otras características constructivas (**cuadro II**). En este ejemplo, la designación del neumático es 480/70 R 24 (**figura 6**).

Las dimensiones fundamentales son la anchura nominal o anchura de la sección del neumático inflado y el diámetro de la llanta, medido entre asientos de la cubierta. Cuando la relación altura de la sección/anchura nominal, conocida como perfil, es menor que la unidad, lo que es habitual en los neumáticos actuales, este parámetro adquiere especial relevancia en la caracterización del neumático. Los llamados "neumáticos anchos" tienen una relación de 0,65 y los de gran volumen pueden llegar hasta 0,5.

El radio índice es un valor normalizado que se emplea para el cálculo de las velocidades teóricas de avance. La circunferencia de rodadura corresponde a la lon-

gitud recorrida por el neumático en una vuelta completa, considerando presión de inflado, carga y velocidades de referencia.

En el **cuadro II** también se muestra la carga que puede soportar el neumático para diferentes presiones de inflado. En negrita se indica el índice de carga, correspondiente a la presión de 1,6 bar.

La deformación que experimenta el neumático durante el trabajo se denomina deflexión. Viene dada por la diferencia entre el radio normal y el radio bajo carga o radio efectivo, que corresponde a la distancia entre la superficie del terreno y el centro del eje de la rueda en condiciones nominales de carga e inflado del neumático. Conviene calcular el radio efectivo en campo, contando el número de

vueltas necesarias para recorrer una distancia conocida.

La deflexión depende de la presión de inflado, de la rigidez de la carcasa, de la carga que soporta y de la dureza del suelo. Está relacionada con la longitud de la superficie de apoyo del neumático, que puede tener forma elíptica (neumático radial) o rectangular (neumático convencional).

En la **figura 6** se muestra el marcado de un neumático agrícola y la descripción de las indicaciones, respectivamente, según las especificaciones de la ETRTO (European Tyre and Rim Technical Organization).

Comportamiento de los neumáticos en campo

Las características del neumático condicionan las pérdidas de potencia por rodadura (resistencia al movimiento como consecuencia del contacto suelo-neumático) y resbalamiento y compactación del suelo. Por estos motivos es imprescindible realizar una buena selección del neumático, que contemple diversos factores, como el tipo de maquinaria a emplear, las labores a realizar y las condiciones físicas del suelo en el momento de entrar en el campo.

El neumático debe proporcionar una tracción adecuada para el paso del vehículo sin que se produzca excesiva compactación. De esta forma, se obtienen ventajas económicas, al reducir las citadas pérdidas de potencia y el consu-

CUADRO I.

APLICACIONES DE DISTINTOS TIPOS DE NEUMÁTICOS.

Tipo de neumático				
Aplicación	ESTRECHO	NORMAL	ANCHO	VOLUMEN
Hileras				
Frutales				
Vid				
Tractor (0-200 CV)				
Tracción				
Transporte				
Tractor (200-350 CV)				
Tracción				
Transporte				
Pulverizadores				
Cosechadora cereal y forraje				
Vendimiadoras				



Foto 5. Neumático preparado para maquinaria de alta potencia.

FIGURA 4.
TIPOS DE NEUMÁTICOS RADIALES PARA RUEDAS MOTRICES.

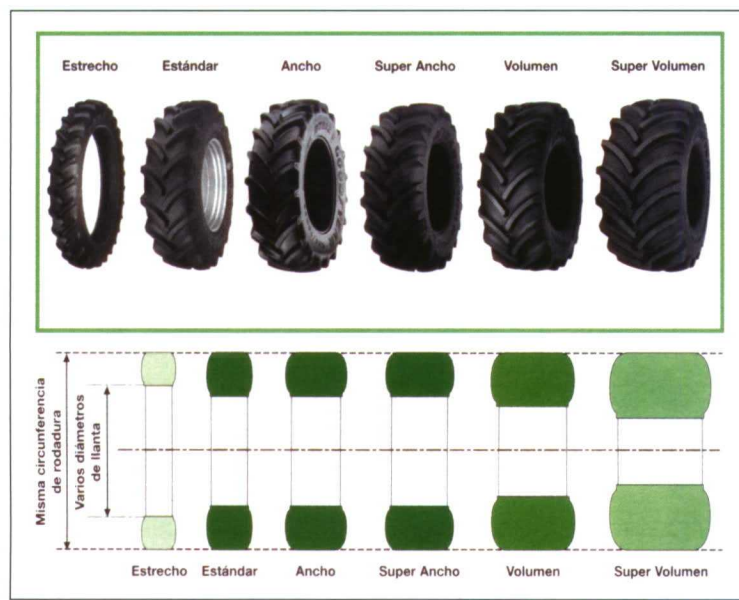
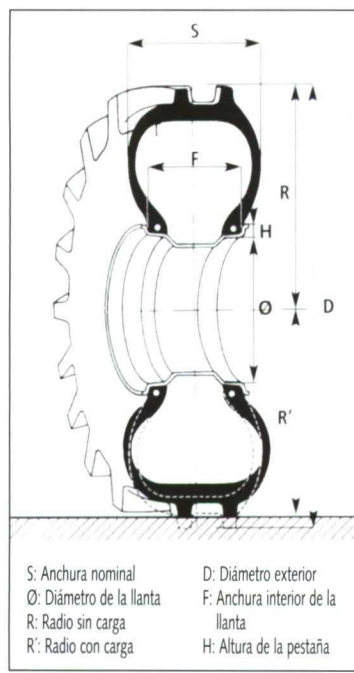


FIGURA 5.
DIMENSIONES DEL
NEUMÁTICO Y DE LA LLANTA.



mo de combustible, y medioambientales, ya que la compactación supone la degradación del suelo, lo que ocasiona el incremento de la erosión y el transporte de agroquímicos.

Se debe recordar que la condicionalidad de los pagos directos de la Política Agraria Común obliga a tomar medidas para evitar la

compactación del suelo en determinadas condiciones de transitabilidad, impidiendo el laboreo y el paso de vehículos sobre terrenos saturados y limitando la presencia de huellas de más de 15 cm de profundidad al 25% de la superficie de la parcela, para la recolección de cosechas, y al 10% en el resto de actividades (Real Decreto 2352/2004, de 23 de diciembre). En la **foto 7** se aprecia una huella de más de 15 cm en terreno saturado producida por el paso de un tractor de doble tracción de 4.635 N de peso equipado con neumáticos convencionales.

La compactación depende del tipo y estado del suelo, aumentando con la humedad hasta llegar al punto en que el daño es intolerable: límite de transitabilidad o traficabilidad.

El peso del tractor también es causa de compactación, por lo que se debe quitar el lastre cuando no sea necesario para realizar grandes esfuerzos de tracción. Además, se limita la carga sobre los rodamientos de apoyo y el chasis y se disminuye el consumo de combustible, al hacerlo la resistencia a la rodadura, que es proporcional al peso.

El aprovechamiento al máximo del tractor y de su trabajo, especialmente en condiciones difí-



Foto 6. Combinación "mixta" de ruedas gemelas.

les, empleando enganches traseros y delanteros para realizar más de una operación a la vez, es una alternativa a tener en cuenta y potenciar.

Entre las características de los neumáticos, la anchura y las presiones de inflado son las que mayor influencia tienen en la eficiencia de tracción y en la compactación producida en la superficie del suelo. De ellas dependen el área de contacto y la distribución de presiones en el suelo.

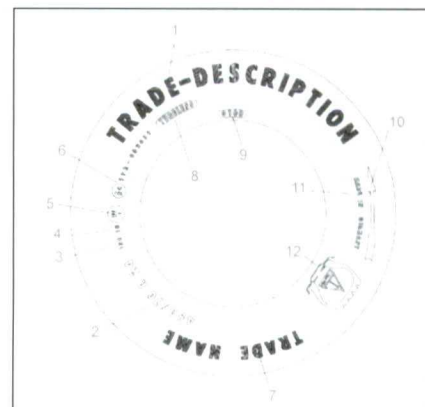
En este sentido, los neumáticos anchos o de baja presión (alta flotación) parecen tener cualidades favorables, ya que producen en el suelo un apoyo más amplio, superior en un 25% al de un neumático estándar (**foto 8**). Su presión de inflado debe ser siempre inferior a 1 bar para que trabajen de forma adecuada.

En estudio comparativo entre tractores de cadenas y tractores de ruedas en un suelo arcilloso de la Vega del Guadalquivir, los neumáticos de baja presión produjeron una compactación y una huella en el suelo similar al tractor de cadenas, siendo en ambos casos inferior a la provocada por los neumáticos convencionales. Además, profundizaron en el

suelo hasta 3,5 cm menos que los convencionales y se redujo el volumen de suelo desalojado en un 16,5%, mejorando por tanto la transitabilidad. Los resultados mostraron que el efecto amortiguador que tienen los neumáticos de baja presión cuando circulan sobre suelo desnudo se puede comparar cuantitativamente al efecto amortiguador que tiene una cubierta vegetal densa (4.000-5.000 kg/ha) sobre la compactación producida por los neumáticos convencionales (Gil et al., 2005).

Otros estudios del grupo de investigación "Mecanización y Tecnología Rural" de la Universidad de Córdoba (Proyecto AGL 2002-04283-C02-01 del Plan Nacional de I+D) han determinado, en ensa-

FIGURA 6.
MARCADO DEL NEUMÁTICO 480/70 R 24.



DESCRIPCIÓN

- | | | |
|--|--|---|
| 1. Nombre del fabricante | 4. Código de velocidad (cuadro IV)
A8 40 km/h | 8. Neumático sin cámara |
| 2. Dimensiones
480 Anchura nominal (mm) | 5. Descripción adicional
Índice de carga: 138 | 9. Fecha de fabricación |
| 70 Relación altura / anchura (%) | 6. Marca y número ECE | 10. Dirección de rotación |
| R Construcción (R = Radial) | 7. Nombre del producto | 11. País de fabricación |
| 24 Diámetro de la llanta (pulgadas) | | 12. Pictograma de indicación de peligro (máxima presión de inflado) |
| 3. Índice de carga (cuadro III): 138 | | |

CUADRO II.

EJEMPLO DE DATOS TÉCNICOS FACILITADOS POR LOS FABRICANTES DE NEUMÁTICOS.

Dimensiones	Índices	Llanta	D (mm)	S (mm)	CR (mm)	R' (mm)	Capacidad (75 %) (litros)	Velocidad máxima (km/h)	Presión de inflado (bar) / Carga (kg)					
									0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
480/70 R 24	138A8 138B	W10	1.315	499	3.970	585	247	50			1875	2035	2200	2360
								40		1710	1875	2035	2200	2360
								30	1660	1830	2005	2175	2355	2525
								25	1720	1900	2080	2260	2440	2620
								20	1905	2105	2305	2505	2705	2905
								10	1905	2405	2610	2810	3015	3215

Los neumáticos de baja presión, obteniendo reducciones del 5% para tiros de entre 21.000 N, habituales en operaciones de laboreo pesado, y mejora en los parámetros de tracción (cuadro V).

Por otra parte, el peso por eje y el número de pases que se realicen sobre

un mismo punto son otros aspectos relevantes, en cuanto a los daños producidos en el suelo, que han sido estudiados por el grupo. A la vez que el ensayo de tracción, se diseñó uno de resistencia a la penetración con pases múltiples sobre la misma huella, para los dos neumáticos estudiados. Los resultados corroboran datos obtenidos en estudios similares por otros autores: el primer pase del tractor es el que mayor compactación produce, significando en este caso más de un 60% del incremento total de compactación. Sin embargo, cabe destacar que los neumáticos convencionales alcanzan el nivel máximo de incremento de compactación con menor número de pases que los neumáticos de baja presión; mientras que con el tercer pase de los neumáticos convencionales se alcanza el máximo de compactación del estudio, con los de alta flotación o baja presión queda margen para realizar un cuarto y un quinto pase más (figura 7). ■

CUADRO III.

ÍNDICES DE CARGA.

IC	kg	IC	kg	IC	kg
50	190	105	925	155	3.875
55	218	110	1.060	160	4.500
60	250	115	1.210	165	5.150
65	290	120	1.400	170	6.000
70	335	125	1.650	175	6.900
75	387	130	1.900	180	8.000
80	450	135	2.180	185	9.250
85	515	138	2.360	190	10.600
90	600	140	2.500	195	12.100
95	690	145	2.900		
100	800	150	3.350		

CUADRO IV.

CÓDIGOS DE VELOCIDAD.

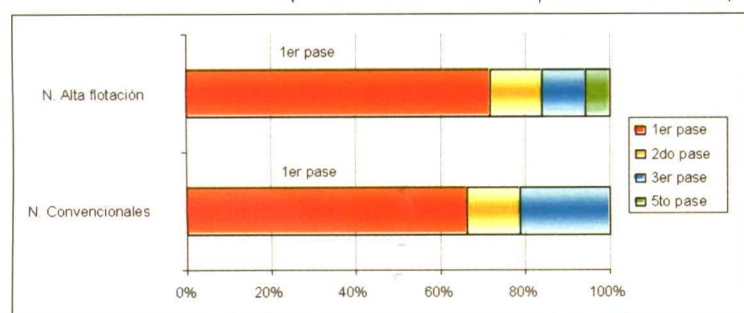
Símbolo	Velocidad (km/h)
A1	5
A2	10
A3	15
A4	20
A5	25
A6	30
A7	35
A8	40
B	50
C	60
D	65
E	70
F	80
G	90



Foto 8. Tractor equipado con neumáticos convencionales (izquierda) y de baja presión (derecha).

FIGURA 7.

PORCENTAJE DE INCREMENTO DE COMPACTACIÓN DE CADA PASE RESPECTO DE LA TOTAL PRODUCIDA (PROFUNDIDAD 0-7 CM; SUELO LABRADO).



CUADRO V.

RELACIÓN TIRO-RESBALAMIENTO DE NEUMÁTICOS CONVENCIONALES Y DE BAJA PRESIÓN SOBRE UN SUELO AGRÍCOLA.

Tiro (N)	Resbalamiento medio (%)	
	N. Convencionales	N. Baja Presión
10.000	2,94	2,24
12.500	4,76	2,83
15.000	7,10	3,74
17.500	9,98	5,15
20.000	13,44	7,24
22.500	17,49	10,21
25.000	22,18	14,24
27.500	27,51	19,52
30.000	33,54	26,24