

**Estudio del comportamiento de las pérdidas por rodadura o resbalamiento de los neumáticos en campo**

# Tipologías de los principales neumáticos para las distintas aplicaciones agrícolas

En los últimos años la evolución de la técnica y el desarrollo de equipos y maquinaria agrícola y forestal se han enmarcado dentro de lo que se conoce como agricultura sostenible, es decir, la obtención de la productividad necesaria sin merma de los recursos existentes. Dentro de este escenario, los neumáticos juegan un papel esencial, ya que al ser el elemento de contacto con el suelo, intervienen, por un lado, en los conceptos de tracción, rodadura, resbalamiento, adherencia y compactación; y por otro, constituyen el primer punto para el aislamiento de las vibraciones de baja frecuencia, generadas por el tránsito del tractor sobre el suelo y transmitidas hacia el asiento del operario. Ambos aspectos están relacionados, respectivamente, con la productividad, el ahorro de combustible y la conservación del medio ambiente (recurso suelo) y con la protección de la salud y el confort del operario (recursos humanos).

**G.L. Blanco Roldán, F.J.Hurtado Arquero, J. Agüera Vega.**

G.I. AGR 126 Mecanización y Tecnología Rural.  
Dpto. de Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos y de Montes.  
Universidad de Córdoba.

Como las condiciones del trabajo agrícola (cultivos, suelos, clima, etc.) son diversas, es habitual que el agricultor deba cambiar los neumáticos originales con los que compró el tractor o la máquina. Por otro lado, los técnicos de las explotaciones se encuentran con el mismo problema, además de la diversificación e intensificación de actividades, que hace que se empleen nuevas máquinas autopropulsadas (como manipuladoras telescópicas y máquinas de tratamientos), y la propia amplitud del ámbito agroforestal, que también comprende maquinaria y vehículos para actividades gana-



1



2



Página anterior: Foto 1. Combinación de vehículos, máquinas y sistemas de rodadura en trabajos forestales: camión, astilladora y excavadora hidráulica de cadenas. Foto 2. Tractor estrecho con sistema de rodadura mixto (ruedas neumáticas y orugas de goma). Foto 3 (arriba). Neumáticos para ruedas motrices en cosechadoras: (a) de grano y (b) de naranjas.

deras, forestales, de movimiento de tierras y de transporte, por tanto, con neumáticos diferentes, procedentes de ámbitos industriales (foto 1).

De este modo, los agricultores y técnicos deben conocer cuáles son las tipologías principales de neumáticos, sus características y cómo emplearlos, para aprovechar al máximo sus prestaciones. Además de los neumáticos, no hay que olvidar que los tractores y máquinas agrícolas también emplean como sistema de rodadura las orugas metálicas y de goma e incluso sistemas mixtos combinación de neumáticos y orugas (foto 2).

### Tipos de aplicaciones

En la fabricación de neumáticos para maquinaria y equipos agroforestales se diferencian los siguientes tipos:

- Agrícolas.
- Todo terreno (OTR).
- Industriales.
- Forestales.

Los neumáticos para aplicaciones propiamente agrícolas se pueden clasificar combinando tres aspectos: máquina (tractor, cosechadora, máquinas autopulsadas, remolques, máquinas agrícolas y motocultores), tipo

de rueda (motriz y arrastrada) y estructura del neumático (radial y diagonal o convencional).

Para tractores y cosechadoras, las ruedas motrices están disponibles en los tipos de carcasa convencional y radial, aunque estos últimos tienen mayor cuota de mercado (foto 3). También hay diversos tipos de neumáticos para ruedas motrices buscando la adaptación óptima al trabajo. Así, junto con el neumático estándar, aparecen modelos estrechos (diseñados para cultivos en hileras y máquinas autopulsadas de aplicación de fitosanitarios) (foto 4), anchos (que mejoran la tracción y reducen la compactación) y de gran volumen



Foto 4. Neumático estrecho en tractor elevado. Foto 5. Neumáticos para ruedas arrastradas en diferentes máquinas agrícolas: (a) cultivador; (b) remolque tipo bañera; (c) empacadora (rueda de alta flotación).



6

Foto 6. Neumáticos para maquinaria de movimiento de tierras: trailla remolcada por tractor de alta potencia.

(ofrecen el máximo de flotación y tracción).

Los neumáticos para ruedas arrastradas se construyen, con estructura convencional y radial, para uso en ruedas delanteras de tractores, remolques y máquinas agrícolas (foto 5), y para máquinas de mantenimiento de praderas en parques y campos de golf.

En otras aplicaciones se utilizan ruedas gemelas para transmitir menor presión al suelo y aumentar la adherencia, pudiendo combinar neumáticos estrechos y estándar.

Los neumáticos OTR, de estructura convencional y radial, se emplean en máquinas de movimiento de tierras, como cargadoras, motoniveladoras, compactadores, etc., (foto 6). Aunque también existe la denominación de neumáticos industriales, para referirse a las aplicaciones agrícolas, cuando se consideran tractores agroindustriales, como cargadoras, retrocargadoras, manipuladoras telescópicas y minicargadoras, y otros vehículos, como camiones de aplicación de productos fitosanitarios (foto 7).



7



Foto 7. Neumáticos para aplicaciones agroindustriales: (a) manipuladora telescópica con vibrador de troncos para olivar; (b) camión con pulverizador hidráulico de chorro proyectado (barra herbicida); (c) cargadora empleada en la recolección de naranjas.

Los neumáticos forestales, empleados, principalmente, en máquinas para aprovechamientos madereros (skidder, autocargadores y cosechadoras) (foto 8), presentan una carcasa convencional reforzada en la cima con uno o dos tejidos de cables de acero para evitar roturas. La cubierta es más gruesa que las agrícolas (refuerzo de los flancos) y los resaltes son más altos y anchos, para así proporcionar mayor resistencia al corte. Estas ventajas hacen que también sean interesantes para su empleo en tractores agrícolas para operaciones en terrenos forestales (foto 9) o para operaciones convencionales sobre terrenos con dificultades de tránsito (por ejemplo, piedras con aristas cortantes). En la foto 9a se muestra un tractor agrícola en una operación forestal de derribo de piñas con vibrador de troncos; durante el tránsito por el terreno se pueden ocasionar daños por corte. En la foto 9b se muestra un neumático agroforestal, denominado así por ser de tipo forestal pero adaptado a las dimensiones de los tractores agrícolas.

### Características y mercado

Las características principales del neumático vienen marcadas en el mismo, realizándose sobre el flanco (foto 10) y, complementariamente, en la banda de rodadura. En el cuadro I se describen las indicaciones que deben figurar según los criterios establecidos por la ETRTO (European Tyre and Rim Technical Organization). En la foto 5c se muestra el marcado de una rueda diagonal arrastrada con designación 600/55 - 22.5 16PR, siendo los términos: anchura nominal en pulgadas/perfil - diámetro de la llanta en pulgadas Ply Rating (número de lonas de la estructura diagonal).

Las dimensiones fundamentales de un neumático son la anchura nominal o anchura de la sección del neumático inflado y el diámetro de la llanta. La relación altura de la sección/anchura nominal, conocida como perfil, adquiere especial relevancia en la caracterización del neumático, siendo de 0,65 en los llamados neumáticos anchos y pudiendo llegar hasta 0,5 en los de gran volumen.

Además, el fabricante del neumático debe dar información sobre los radios índice (valor normalizado para el cálculo de las velocidades teóricas de avance), normal y bajo carga o efectivo (en condiciones nominales de carga e inflado del neumático). La diferencia entre los

dos últimos se denomina deflexión y determina la deformación que experimenta el neumático durante el trabajo. También suele indicarse la carga que puede soportar el neumático para diferentes presiones de inflado.

Entre las características del neumático, 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 al de un neumático estándar. Su presión de inflado debe ser siempre inferior a 1 bar para que trabajen de forma adecuada.

Por último, señalar que, con la entrada en vigor, a partir de noviembre de 2012, del Reglamento (CE) 1222/2009, se va a establecer como obligatorio el etiquetado de los neumáticos, para clasificarlos en cuanto a eficiencia energética en términos de consumo de carburante, adherencia en superficie mojada y emisión de ruido de rodadura exterior. Aunque su aplicación es para para automóviles, camiones ligeros y camiones pesados, este hecho indica, como se subraya en la introducción, la tendencia a lo que, en este caso particular se denomina, movilidad sostenible. Relacionándolo con el ámbito agroforestal, es de plena aplicación para los gestores de flotas y empresas de transporte de productos de las industrias agrarias y forestales.

## Condiciones de trabajo en campo

El Grupo de Investigación AGR126 Mecanización y Tecnología Rural de la Universidad de Córdoba ha realizado varios estudios sobre el comportamiento, en condiciones reales de trabajo en campo, de neumáticos convencionales y de baja presión o alta flotación, relativos a la compactación producida en cultivos extensivos y en olivar y a la eficiencia en el uso del combustible (reducción de las pérdidas por rodadura y resbalamiento), dentro de los proyectos RNM 3205 de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía y RTA2006-00058-CO3-03 del Plan Nacional de I+D (Agüera y Gil, 2004; Gil *et al.*, 2005; Blanco y Álvarez, 2008; Gil *et al.*, 2010).



Foto 8. Neumáticos forestales de un autocargador equipados con cadenas antideslizantes en ruedas motrices.

En este sentido, a continuación se presentan parte de los resultados de un estudio, realizado por el Grupo de Investigación AGR126, en el que se establece el balance de potencias para los dos tipos de neumáticos señalados en función de la fuerza de tiro y el estado del suelo.

Las diferentes fuerzas de tiro se obtuvieron empleando un sistema en tándem compuesto por dos tractores, uno actuando de tractor (ensayado) y el otro como remolque, unidos por un cable de acero, mediante el uso de diferentes marchas del tractor remolcado, manteniendo en todo momento una velocidad teórica en

el tractor que precede (foto 11). La resistencia a la rodadura (resistencia al movimiento como consecuencia del contacto suelo-neumático) se determinó para el primer tractor que, en este caso, a la inversa, hubo de ser arrastrado por el segundo.

Se establecieron varios niveles de estado del suelo, partiendo del suelo inalterado y realizando labores de diferente profundidad, para simular una situación real, previamente a la preparación del terreno para la siembra de cereal. Para cada tipo de neumático y estado del suelo se determinaron la humedad gravimétrica y el Índice de Cono (parámetro indicador de

## CUADRO I.

Marcado de un neumático agrícola.

1	Nombre del fabricante	
2	Dimensiones (ejemplo de designación: 600/70 R 30)	
	Anchura nominal (mm)	600
	Relación altura/anchura (%)	70
	Construcción	R (radial)
	Diámetro de la llanta (pulgadas)	30
3	Índice de carga	152 (= 3.550 kg)
4	Código de velocidad	A8 (= 40 km/h)
5	Descripción adicional	
	Índice de carga	152
	Código de velocidad	B (= 50 km/h)
6	Marca y número ECE	
7	Nombre del producto	
8	Neumático con/sin cámara	Tubeless (sin)
9	Fecha de fabricación	
10	Dirección de rotación	
11	País de fabricación	
12	Pictograma de indicación de peligro (máxima presión de inflado)	

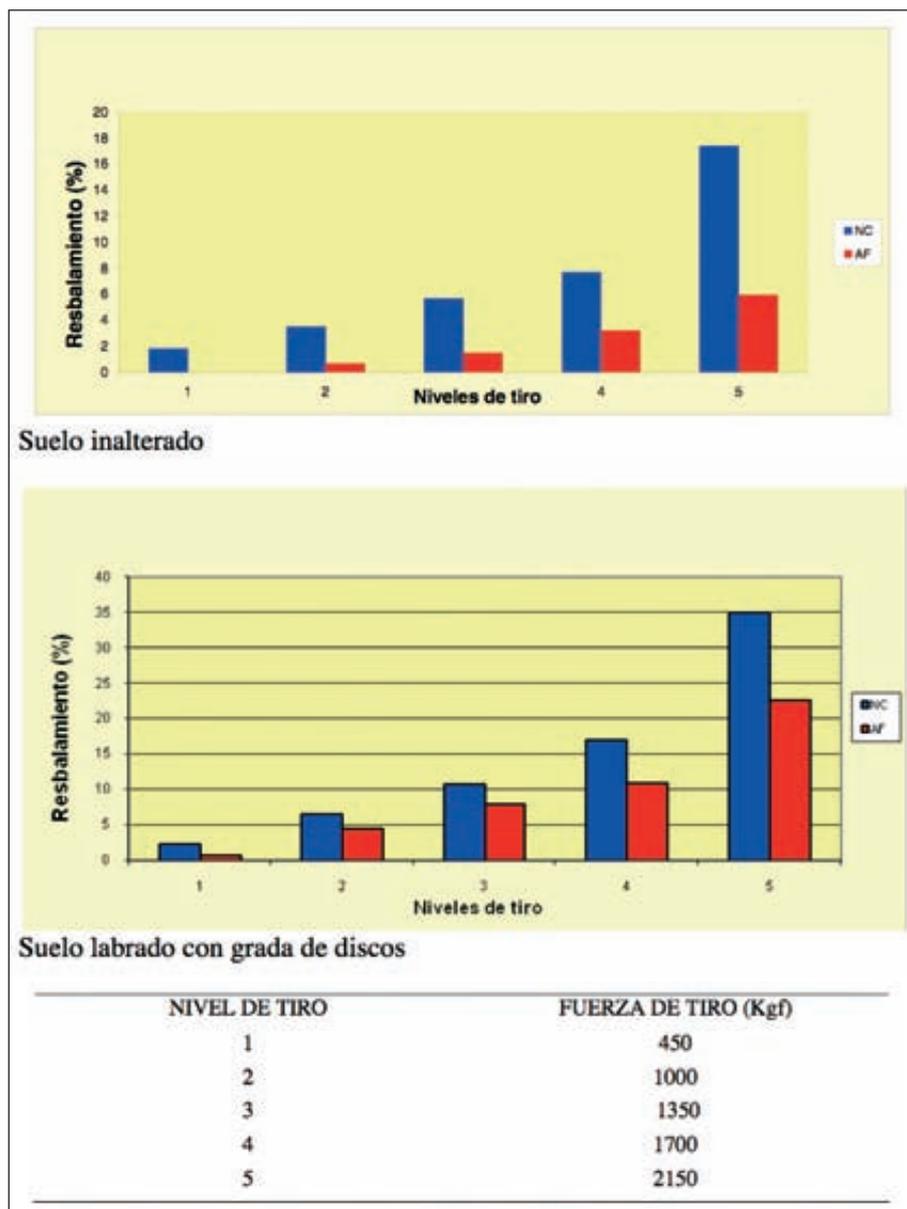
**CUADRO II.**

Características de los neumáticos ensayados.

Neumáticos	Identificación		Presión de inflado (bar)
Baja presión	Delantero	480/65 R 24	1
	Trasero	540/65 R38	0,8
Convencional	Delantero	14.9 R 24	1,8
	Trasero	16.9 R 38	1,6

**FIGURA 1**

Resbalamiento para neumáticos convencionales (NC) y de alta flotación (AF) a diferentes estados del suelo y niveles de tiro.



compactación) en las rodadas.

Al tractor ensayado, sobre el que se colocaron los dos tipos de neumáticos objeto de es-

tudio (ambos del mismo fabricante) (**cuadro II**), se le instalaron sensores electrónicos para determinar los siguientes parámetros: posición

(AgGPS); velocidad de avance (rádar de efecto doppler y AgGPS); velocidad de giro del motor; fuerza de tiro producida por el tractor remolcado (célula de carga), instalada en el cable de acero que une los dos tractores; fuerza de tiro producida por los aperos, mediante un dinamómetro acoplado al enganche tripuntal, compuesto por seis células de carga (tres en la dirección de avance, dos en la vertical y una en la transversal) (**foto 11**); y consumo de combustible (contador de pulsos acumulativo). Las señales procedentes de los sensores fueron registradas en un data logger embarcado en el tractor, con una frecuencia de un set, o conjunto de datos, por segundo.

En la **figura 1** se muestra el resbalamiento de cada tipo de neumático, para dos estados del suelo, con diferentes niveles de tiro. Como puede observarse, el resbalamiento con neumáticos convencionales es siempre mayor que el producido con neumáticos de alta flotación, pudiendo llegar a triplicarlo.

En la **figura 2** se muestra una distribución de las potencias implicadas en la operación: potencia a la barra (usada para tirar del apero), potencia perdida en la rodadura y potencia perdida en el resbalamiento; para cada tipo de neumático, bajo dos niveles de tiro, equivalentes a dos situaciones reales de trabajo, por un lado, un cultivador ligero (valor aproximado de 500 kgf) y, por otro, una vertedera (valor aproximado de 2.000 kgf). La suma de las tres potencias anteriores más la potencia empleada en pendientes (en este caso es nula, ya que, la parcela de ensayo tiene pendiente despreciable) se denomina potencia en el eje motriz.

Para el nivel de tiro equivalente al cultivador, no se observan diferencias en cuanto al reparto de potencias estudiadas. Sin embargo, para el nivel de tiro correspondiente a una vertedera, se observa un aumento de la potencia destinada al tiro en el caso de los neumáticos de alta flotación comparada con los neumáticos convencionales. La misma variación, pero en sentido contrario, ocurre con respecto a la potencia perdida en resbalamiento. En el caso de los neumáticos convencionales es de 22,5%, mientras que en los neumáticos de alta flotación es de 14,6%, lo que traduce en un mejor aprovechamiento de la energía empleada.

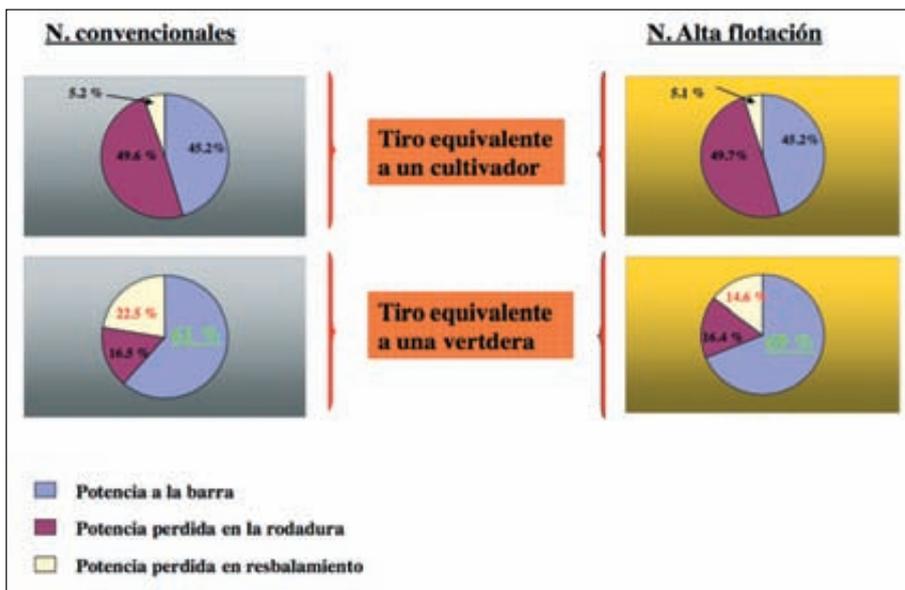
Como conclusión, puede establecerse que las características del neumático, las labores a realizar y las condiciones físicas del suelo en el momento de entrar en el campo condicionan



Foto 9. Tractores agrícolas en aplicaciones forestales: (a) con neumáticos agrícolas; (b) con neumáticos agroforestales.

FIGURA 2

Distribución de potencias en condiciones reales de trabajo para neumáticos convencionales y de alta flotación.



las pérdidas de potencia por rodadura y resbalamiento. Por este motivo, el neumático debe proporcionar una tracción adecuada para el paso del vehículo sin que se produzca excesiva compactación. Ésta, cuyos condicionantes son similares a los anteriores, supone la degradación del suelo, lo que ocasiona el incremento de la erosión y el transporte de agroquímicos. Así se obtienen ventajas económicas, al reducir las citadas pérdidas de potencia y el consumo de combustible, y medioambientales. ●

Agradecimientos

Al proyecto RNM 3205 de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía, por la financiación para los estudios sobre neumáticos.

Bibliografía ▼

Agüera, J.; Gil, J.A., 2004. El control de la compactación y técnicas de agricultura de precisión. II Jornada Iberoamericana de Agricultura de Conservación. Albacete (España).

Blanco, G.L.; Álvarez, N., 2008. Recomendaciones para un correcto comportamiento en campo de los neumáticos agrícolas. Vida Rural, 1 de octubre, 22-24.

Gil, J.; Marcos, N.; Agüera, J.; Blanco, G.L., 2005. Compactación producida por distintos tipos de tractores y neumáticos. III Congreso Internacional de Agroingeniería. Sociedad Española de Agroingeniería. León (España).

Gil, J.A.; Blanco, G.L.; Gamarra, J.L.; Román, J., 2010. Mecanización de cultivos leñosos con cubiertas vegetales. Limitaciones por el efecto de la pendiente. Proceedings of the European Congress on Conservation Agriculture. Madrid (España).



Foto 10. Marcado de un neumático (dimensiones 600/70 R 30). Foto 11. Disposición de los tractores durante el ensayo. En el primer tractor se observa el dinamómetro para medida de fuerzas en el enganche.