

■ ■ Medidor Dinámico de Presiones ejercidas sobre el Suelo por el Tránsito de Maquinarias Agrícolas

Pozzolo, O. R.¹; Ferrari, H. J.¹ y Moltoni, A. F.²

¹Estación Experimental Agropecuaria INTA Concepción del Uruguay, Ruta P. 39, Km 143,5, CP 3260, CC 6, Entre Ríos, Argentina. E-mail: opozzolo@correo.inta.gov.ar.

²Instituto de Ingeniería Rural INTA Castelar, CP 1712, CC 25, Buenos Aires, Argentina.

■ ■ Resumen

La compactación producida por la tráfico de maquinaria agrícola es dependiente de la interrelación rueda-suelo. La mayoría de las mediciones de este fenómeno son indirectas a posteriori del tránsito de la maquinaria. Con el objetivo de medir en forma dinámica las presiones ejercidas por el tráfico de vehículos agrícolas se construyó un equipo formado por 8 sensores que detectan cambios de presión de aire que constan de una unidad deformable ubicada en el perfil del suelo por debajo del pasaje del rodado y un transductor de presión electrónico (manómetro), cuatro con escalas entre 0 y 150 Kpa y cuatro entre 0 y 10 Kpa. El transductor se encuentra conectado, mediante un puerto serial, a un ordenador que archiva on line los puntos de presión determinados. Los momentos de toma de datos pueden registrarse en forma manual mediante un pulsador o en forma automática mediante un sistema magnético en la rueda de la herramienta a evaluar, registrándose presiones en forma progresiva al avance del rodado. Los resultados indican la presión máxima ejercida por el pasaje y la presión residual producto de la deformación ocurrida en el perfil a la profundidad sensada.

Palabras claves: presión - sensor - tránsito - compactación.

■ ■ Introducción

La agricultura actual, muestra una clara tendencia hacia el incremento de la potencia y, fundamentalmente, del tamaño de los equipos fabricados con el fin de mecanizar las labores agrícolas, al punto que si bien en los tractores la relación peso/potencia ha bajado en los últimos años, el peso total se ha incrementado significativamente a partir de la voluntad de buscar equipos más económicos en sus prestaciones al reducir los costos operativos y permitir aumentar la superficie cultivada (Oskoui y Voorhees, 1990; Jorajuría *et al.*, 1997).

Estas tendencias han conducido al desarrollo de cosechadoras de cereales automotrices que tienen más de 16 Mg de carga en el eje frontal, tractores que pesan en el orden de 200 kN y acoplados cerealeros de un solo eje capaces de transportar 353 kN de granos. Una consecuencia del tráfico con estos niveles de carga sobre los ejes es el riesgo de sobrecompactación del suelo productivo, con los correspondientes efectos sobre el crecimiento de las raíces, rendimiento de los cultivos y calidad del agroecosistema.

La compactación edáfica es definida como la compresión de la masa de suelo hasta lograr un volumen menor, produciéndole por tanto un incremento en la densidad como resultado de las presiones externas aplicadas, según Adebisi *et al.* (1991). La compactación es el resultado de tensiones generadas por el peso de los vehículos que transitan sobre el suelo, las vibraciones originadas en el motor y el producto del patinamiento activo de las ruedas motrices.

Otros investigadores sugieren que el efecto acumulativo de la compactación de suelo de pasos múltiples por una máquina sea muy dependiente en condiciones de la inicial del suelo (Soane et al, 1980).

En una primera distinción de efectos corresponde diferenciar compactación superficial de subsuperficial. La primera, involucra a la capa arable y normalmente ocurre por el empleo de maquinaria de bajo peso y presión sobre el suelo (acción agregativa remanente) utilizadas en condiciones de alta humedad o sobre suelos con mayor susceptibilidad a la compactación, (Håkanson et al. 1988; Håkanson et al. 1994).

La compactación subsuperficial es la que se trasmite hasta el subsuelo, en profundidades de alrededor de 40 cm pudiendo profundizarse bastante más por efecto del peso y la potencia de los equipos, su vibración en la marcha, el elevado valor de inflado de las cubiertas, la alta presión de contacto suelo-cubiertas (lastre agregado), como también por el patinamiento. Todos estos, son siempre efectos negativos, deletéreos, de larga duración pudiendo llegar a comportarse como casi permanentes, tal como la situación buscada para las construcciones viales.

El fenómeno de compactación producido por el tráfico agrícola es de compleja solución y/o prevención, ya que se realiza con independencia de que se haya logrado dotarlo de suficiente tamaño de rodado, u otro mecanismo motriz de alta flotación, que le permita el tráfico con baja presión superficial en el área de contacto rueda/suelo. Se ha demostrado que si bien la compactación superficial es principalmente dependiente de la presión específica, la subsuperficial lo es de la masa de los equipos (Håkansson & Reeder, 1994).

En la actualidad, se encuentran en uso común, un gran número de parámetros descriptivos en tentativa de cuantificar la compactación de suelo. Algunos de los más usados son: medición del índice de cono o impedancia del suelo a la penetración utilizando una de las varias formas de penetrómetros. Densidad aparente, dado por la densidad a granel seca del suelo sobre un volumen conocido (Erbach, 1987) o indirectamente con el sistema de neutrón que emite puntas de prueba (Wells y Luo, 1992).

En la mayoría de los casos, los parámetros medidos están dados por los cambios en las características del suelo sometido a procesos de compactación, cuya cuantificación requiere mediciones pre-acontecimiento y mediciones post-acontecimiento, por lo que los registros de este fenómeno son indirectos a posteriori del tránsito de la maquinaria.

La compactación de suelo es una situación preocupante tanto para productores cuanto para investigadores. Para los productores, la compactación de suelo afecta directamente la edición económica porque puede reducir la producción. Además, los métodos y las máquinas usadas para revertir apropiadamente la compactación son costosos y, si están aplicados incorrectamente, no pueden proporcionar un significativo reembolso. Para los investigadores, la compactación de suelo es un parámetro difícil de cuantificar, particularmente en tiempo real. Con el objetivo de medir en forma dinámica las presiones ejercidas por el tráfico de vehículos agrícolas se construyó un equipo formado por sensores que detectan cambios de presión, permitiendo obtener registros de presión simultánea y registros de presión residual o neta, pretendiendo ser una herramienta simple para medir y comparar la compactación entre diversos vehículos y tratamientos.

■ Materiales y métodos

El equipo esta formado por ocho sensores, cada uno, consta de una unidad deformable ubicada en el perfil del suelo. Estas, se encuentra unidas, a través de mangueras de alta presión, a un módulo transductor de presión electrónico (manómetro). Cuatro de los ocho sensores presentan menor sensibilidad, con una escala de registro de entre 0 y 150 Kpa, llamados "sensores de alta presión" (SAP). Los restantes, de mayor sensibilidad, poseen una escala de medición que va desde 0 hasta los 10 Kpa y son denominados "sensores de baja presión" (SBP). El transductor, se encuentra conectado, mediante un puerto serial, a un ordenador que archiva on line los puntos de presión determinados (Figura 1).

Los momentos de toma de datos pueden registrarse en forma manual mediante un pulsador o en forma automática mediante un sistema magnético ubicado en la rueda de la herramienta a evaluar. Se adhiere al talón interno de la llanta del rodado unos imanes

distribuidos en forma simétrica a lo largo de todo el diámetro de la llanta, enfrentado a estos, y a una distancia no mayor a 30 cm, se coloca en un punto fijo de la herramienta el sensor.

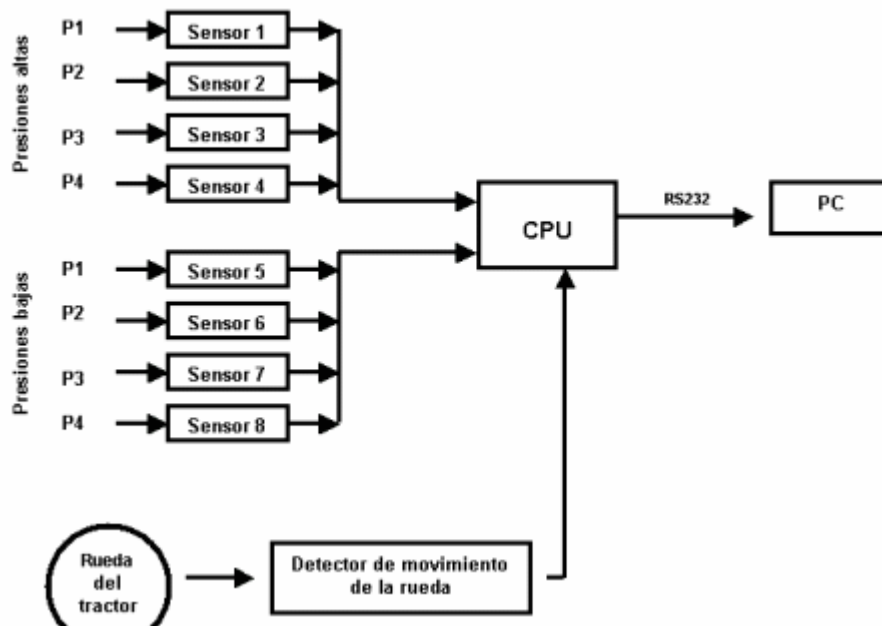


Figura 1. Detalle de los componentes del equipo.
Fuente: INTA PRECOP Concepción del Uruguay, 2006.

La metodología general, consiste en realizar una pequeña calicata que permita, mediante un barreno, efectuar ocho perforaciones de entre 20 y 30 cm en dirección horizontal y a una profundidad vertical a elección dentro de los 50 cm, siempre dependiendo del tipo de suelo en donde se realiza la evaluación y del porcentaje de humedad que posea. En el interior de cada una de las perforaciones, se coloca una unidad deformable teniendo en cuenta de que quede en íntimo contacto con las paredes del suelo.

Se hace circular la herramienta a evaluar por encima de donde están enterradas las unidades registradoras, teniendo la opción de hacer coincidir la unidad deformable con la banda de rodamiento o ubicarla a unos 10 o 20cm hacia uno de los laterales del paso de la rueda.

■ Resultados y discusión

Una vez que el circuito se encuentra cerrado, es decir, con todos los componentes del equipo conectados y ubicados en la posición adecuada, se somete al paso de la herramienta. Los ocho sensores comienzan a detectar cambios en la presión de aire a través de las distorsiones que sufren las unidades deformables debido a la densificación que provoca el paso de la rueda sobre el suelo. Cuatro de los sensores, SAP, con las unidades deformables ubicadas superficialmente (dentro de los 20 cm), registran las presiones más elevadas, los cuatro restantes, SBP, posicionados a mayor profundidad vertical, registran mínimas variaciones de presión, pudiendo, de esta forma, detectar la gama de presiones ejercidas en el perfil dentro de los 50 cm, dependiendo esta última, del tipo de suelo y del contenido de humedad. Si se ubica algunas de las unidades deformables en posición lateral, respecto a la circulación del rodado, se podrá también, registrar las presiones expandentes que sufre el suelo hacia los costados.

Si la selección de los datos a registrar se realiza en forma manual, se deberá oprimir un pulsador que enviará una señal al ordenador para que archive el valor. En cambio, si se realiza en forma automática se deberá disponer sobre la herramienta los imanes y el sensor magnético, cuanto mayor sea el número de imanes que se coloquen, mayor será la frecuencia de muestreo, al girar la rueda, el sensor registrará el pasaje de los imanes y enviará una señal al computador para que registre la presión en ese punto.

Los datos relevados, brindan una tensión en tiempo real permitiendo evaluar el comportamiento del suelo a medida que el rodado de la herramienta va circulando sobre el mismo. A su vez, la examinación de los datos de los sensores post tránsito, brinda la tensión residual o tensión neta remanente. Ésta, se relaciona de cerca con la fuerza máxima de compactación que sufre el suelo, por tanto, se puede utilizar como indicador de la compactación en el perfil del suelo. Esto podría ser una manera simple de medir y de comparar la compactación entre diversos vehículos y tratamientos. Este papel discutirá dos métodos de medir el pico y la tensión residual, comparará resultados de un método simple a los resultados de un método más riguroso, y divulgará la magnitud de las tensiones medidas de la residual y de su relación con las tensiones del pico y a las acciones del vehículo que las producen.

■ ■ Conclusiones

El medidor dinámico de presiones, se presenta como una herramienta eficaz para detectar las presiones ejercidas sobre el perfil del suelo.

Brinda tensiones edáficas en tiempo real que permiten evaluar el comportamiento del suelo ante el paso de una herramienta.

Post tránsito, registra las tensiones remanentes relacionándose con la compactación del suelo.

Es un método sencillo y rápido que permite medir y comparar la compactación entre distintos vehículos y tratamientos.