

Vibración en los asientos de los tractores agrícolas

La exposición a estos movimientos puede ocasionar efectos nocivos para la salud del tractorista

Los efectos de las vibraciones y choques sobre los seres humanos se conocen desde hace mucho tiempo. A comienzos del siglo XVIII, B. Ramazzini en su libro "Examen de las enfermedades de los artistas y artesanos" observó las cargas y tensiones en domadores de caballos producidas por vibraciones mecánicas, y describió los efectos de la siguiente manera: "...la fuerza de la vibración sacude las entrañas y prácticamente las desplaza de su posición normal...".

La técnica moderna ha creado multitud de máquinas, medios de transporte e instrumentos que generan vibraciones y que, en algunos casos, se transmiten al hombre produciéndole

La exposición a vibraciones está ampliamente extendida en el mundo laboral y puede ser causa de daños a la salud, siendo los conductores de tractores agrícolas uno de los grupos más afectados y menos estudiados, y en los que se originan patologías específicas centradas en la región lumbar de la columna vertebral.

Gregorio Blanco Roldán*, José Ramón Jiménez Romero* y Jesús Gil Ribes. Ingenieros agrónomos. Dpto. Ingeniería Rural. Univ. Córdoba.
* Técnicos en Prevención de Riesgos Laborales.

vas al coincidir sus frecuencias con las de resonancia de la región lumbar de la columna vertebral (3-5 Hz) y de diversos órganos internos, dando lugar, tras un periodo de exposición largo, a efectos patológicos de gravedad variable.

Efecto de las vibraciones mecánicas del asiento sobre los tractoristas

Los efectos que las vibraciones pueden ejercer sobre el cuerpo humano son función de multitud de características a analizar, y dependen de diversos factores, entre los que destacan:

- Modo de transmisión al individuo.
- Características físicas del ambiente vibratorio: frecuencia (**cuadro I**), amplitud y dirección.
- Tiempo de exposición y su distribución.
- Naturaleza de la actividad y de la postura del sujeto.
- Del individuo: peso, antecedentes patológicos, etc.

Se clasifican en tres grupos:

- Efectos psicofísicos. Encuadra los aspectos sensoriales y mentales de la vibración: percepción, malestar, aprehensión, ansiedad y daño.
- Efectos fisiológicos. Los que se ocasionan en las vísceras abdominales y los que tienen lugar en el sistema nervioso (inhibición

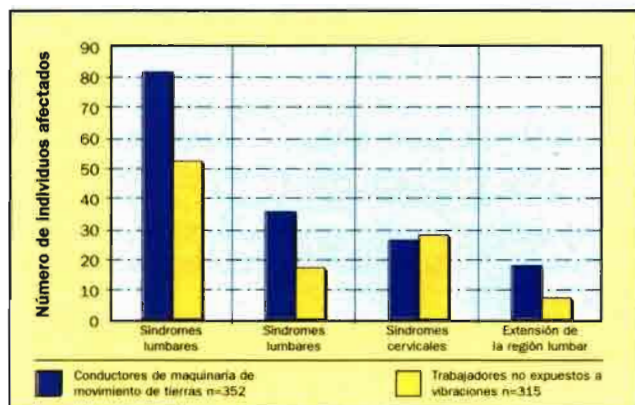


Fig. 1. Daños producidos en grupos de población trabajadora en función de su nivel de exposición a las vibraciones.

efectos de percepción, malestar, aprehensión, ansiedad, dolor y daño.

Uno de los grupos de población menos estudiados y más afectados por la exposición a vibraciones globales, entendiéndose por estas las transmitidas a todo el cuerpo por los pies (persona de pie), glúteos (persona sentada) o zona de apoyo (persona tumbada), son los conductores de tractores agrícolas y maquinaria de movimiento de tierras (**fig. 1**).

Hoy en día, el tractor es el eje central de la mecanización agraria, interviniendo en la mayor parte de las actividades agrícolas y en la actualidad no se concibe una explotación en la que no exista al menos un tractor (**fig. 2**). Su evolución a lo largo del tiempo ha venido marcada por el objetivo de conseguir la máxima efi-

cacia en tracción, pero ha dejado de lado otros aspectos como la ergonomía, que facilita y asegura la salud del conductor.

Origen de las vibraciones en tractores agrícolas

Durante su trabajo, el tractorista se ve sometido a vibraciones de diferente origen:

- Vibraciones producidas por el motor y la transmisión del tractor: se caracterizan por ser de alta frecuencia relativa y pequeña ampli-

tud, se transmiten al conductor a través del asiento, del volante y de otros órganos de mando. Sus efectos sobre la salud son de poca importancia, ya que son amortiguadas por los brazos y las piernas.

- Vibraciones producidas por las irregularidades del terreno: son de baja frecuencia y gran amplitud, se transmiten al tractorista sin más aislamiento que el que le proporciona el asiento o la cabina si es suspendida. Estas son especialmente noci-



Fig. 2. Los niveles de vibración de los tractores agrícolas son elevados y el tiempo de exposición muy prolongado.

del reflejo, empeoramiento de la agudeza visual y de la capacidad para fijar la atención, alteraciones en la actividad eléctrica del cerebro y afectación de la capacidad de regular la postura).

- Efectos patológicos. Problemas neurológicos (deterioro del sistema nervioso central y del periférico), enfermedades del aparato digestivo (molestias gastrointestinales, úlceras pépticas y gástricas), problemas circulatorios (hemorroides y venas varicosas) y alteraciones de huesos y articulaciones.

Diversas investigaciones epidemiológicas, han evidenciado que, en el caso de los tractoristas, las patologías más importantes



Fig. 3. Selección del tractor con menores niveles de vibración en el puesto de conducción es una medida de prevención.

se encuentran centradas en la región lumbar de la columna vertebral y estructura de soporte del organismo, siendo las lesiones más frecuentes: espondilitis deformante, osteocondrosis intervertebral, calcificación de los discos intervertebrales, hernias de disco, pinzamientos discales, formaciones quísticas, enostosis, osteoartritis, subluxación, lumbalgias, lumbociáticas, escoliosis, espondilolisis, protusión del núcleo pulposo del disco, deformaciones sacroilíacas y lumbosacras, y agravamiento de las lesiones de carácter mineral de la columna (Cabanás y Gil, 1984).

El riesgo de daño en la columna se ve incrementado por otros factores, siendo el más importante el estar sentado durante mucho tiempo en un espacio limitado y con malas posturas (retorcido y mirando hacia atrás) (Bovenzi y Betta, 1994).

Protección contra las vibraciones

Hay dos formas complementarias para minimizar los efectos de la exposición de los tractoristas a las vibraciones:

- Medidas Técnicas.
- Medidas Administrativas u Organizativas.

CUADRO I. SÍNTOMAS GENERALES EN EL HOMBRE PARA CADA FRECUENCIA DE VIBRACIÓN.

Síntoma	Frecuencia (Hz)
General sensación de malestar	4 - 9
Síntoma en la cabeza	13 - 20
Síntoma en la mandíbula inferior	6 - 8
Influencia en la facultad de hablar	13 - 20
Nudo en la garganta	12 - 16
Trastornos en el pecho	5 - 7
Daño abdominal	4 - 10
Urgencia de orinar	10 - 18
Aumento de tono muscular	13 - 20
Influencia en la respiración	4 - 8
Contracción muscular	4 - 9

1.- Medidas Técnicas.

1.1.- Reducir la vibración en su origen.

Se pueden adoptar las siguientes medidas:

- Seleccionar el tractor con menores niveles de vibración en el puesto de conducción (fig. 3).
- Reducir las irregularidades del terreno. Esto no es posible en suelos agrícolas, puesto que la rugosidad es una característica intrínseca de ellos, pero puede conse-

guirse en los firmes de caminos rurales.

- Adaptar la velocidad del tractor a las condiciones del suelo por el que se circula, evitando las altas velocidades en terrenos duros y rugosos, donde se dan los mayores niveles de vibración.

- Realizar un mantenimiento correcto del tractor y de los elementos de suspensión del asiento, ajustándolos al peso del tractorista para el correcto funcionamiento del mismo.

- Colocar correctamente la carga en remolques para evitar excesivas vibraciones según el eje vertical.

- Utilización de procedimientos de trabajo adecuados que minimicen las vibraciones.

1.2.- Introducir mecanismos de suspensión entre el tractorista y la fuente de vibración (fig. 4).

- Asientos de suspensión mecánica mediante muelles, amortiguadores y cuadriláteros articulados. Es el elemento más usado en la mayoría de los tractores existentes en las explotaciones agrícolas españolas y, técnicamente, es difícil mejorar el aislamiento que proporcionan, si bien se debe adaptar el perfil del asiento y dimensiones del puesto de conducción para mejorar la postura del tractorista y reducir la transmisión de la vibración a través

de su cuerpo.

- Asientos de suspensión neumática, que incorporan la mayoría de los tractores modernos. Permiten el ajuste automático al peso del tractorista, pero no presentan mejoras significativas en el aislamiento respecto a los anteriores (Burdore y Swuste, 1993).

- Cabinas suspendidas, muchas de las limitaciones de los asientos suspendidos pueden solucionarse suspendiendo completamente la cabina, aunque este sistema presenta otras limitaciones técnicas y económicas.

- Suspensión completa del tractor, que permitiría conseguir mayores posibilidades para mejorar la marcha, pero opone notables problemas, como una mayor masa de la componente suspendida, un movimiento relativo entre rueda y vehículo que puede causar problemas en el control de profundidad de los aperos suspendidos o semi-suspendidos, la transmisión de potencia, mayor peligro de vuelco, etc.

- Sistemas de muelle-amortiguador entre tractor y remolque, se hace con la idea de que este último actúe de absorbente de vibración de modo que elimine energía vibracional a la unidad motriz.

- Sistemas de suspensión activa incorporados a cabinas y asientos suspendidos, que permiten anticiparse a la vibración que entra en el elemento de suspensión colocando algún tipo de sensor y actuadores electrohidráulicos gobernados por un sistema de control que permita que el asiento o la cabina se mantengan con la menor vibración.

2.- Medidas Administrativas u Organizativas.

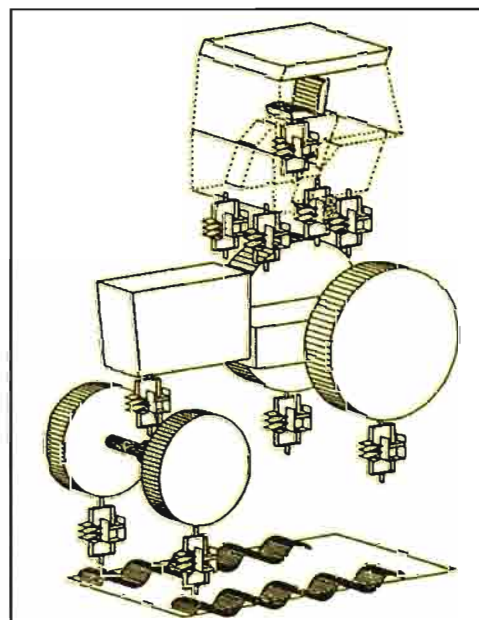


Fig. 4. Modelización de los elementos de suspensión de un tractor.

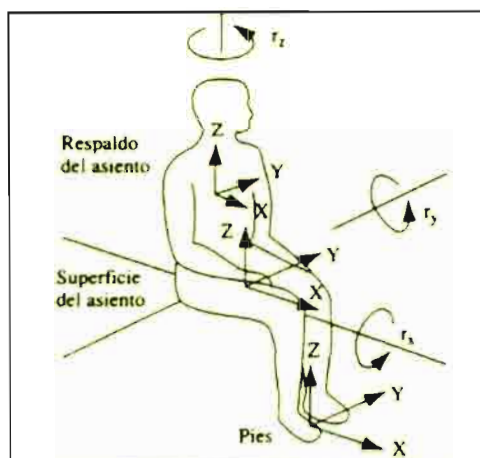


Figura 5. Ejes de medida propuestos por ISO.

- Es necesario informar a los trabajadores sobre el riesgo a que están sometidos, para que sean ellos los primeros en reclamar medidas de prevención de acuerdo con la Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

- Es imprescindible llevar a cabo una vigilancia de la salud, realizando exámenes radiológicos antes de contratar a un tractorista y controles periódicos según indicaciones del Ministerio de Sanidad y Consumo (Ley 31/95 y R.D. 39/97).

Medida y evaluación

Los tractoristas están sometidos a niveles de vibración que superan los límites establecidos internacionalmente como aceptables.

Las vibraciones en los tractores se transmiten a los pies y manos del conductor a través de los mandos y a todo su cuerpo por el asiento. Estas últimas son las más preocupantes y origen de la mayoría de las patologías puestas de manifiesto desde los años sesenta hasta nuestros días, centradas en la columna y

estructura de soporte del organismo.

El nivel de vibración en los asientos del tractor sobrepasa con frecuencia los niveles considerados internacionalmente como aceptables, produciendo fatiga y afectando a la salud del conductor.

Esto indica la conveniencia de realizar medidas del grado de vibración en relación a los límites establecidos en las normas internacionales, y la influencia que sobre dichos niveles tienen algunos factores, como el tipo de tractor, velocidad de trabajo y superficie de rodadura.

El parque de tractores en España era de 823.609 en 1997 y el uso medio se establece en 700 horas al año. Estos datos indican que la población afectada es muy grande y que el tiempo de exposición es muy prolongado.

El interés del presente trabajo nace tanto de la magnitud del problema como de la carencia de estudios al respecto en España.

Equipos de medida y evaluación de las vibraciones en asientos

La medida y evaluación se realiza teniendo en cuenta las especificaciones de la Norma ISO 2631/1 (1985) "Guía para la estimación de la exposición de los individuos a vibraciones globales del cuerpo".

La citada norma tiene en cuenta cuatro parámetros físicos de importancia capital sobre el comportamiento humano ante las vibraciones: intensidad, frecuencia, dirección y duración (tiempo de exposición). La magnitud básica para caracterizar la intensidad de la vibración es la aceleración, que se expresa normalmente en m/seg^2 . La frecuencia se define como el número de oscilaciones por segundo que experimenta la vibración, y se mide en hercios (Hz).

Las vibraciones transmitidas al hombre deben medirse en las direcciones de un sistema de coordenadas cuyo origen es el corazón y tiene los siguientes ejes: pies-cabeza (eje Z), antero-posterior (eje X), derecha-izquierda (eje Y), según se indica en la fig. 5.

La norma define y da valores numéricos a los límites de exposición de vibraciones transmitidas al cuerpo humano por superficies sólidas en la gama de frecuencias que se extiende de 1 a 80 Hz., lo cual nos permite determinar si los niveles de vibración medidos en el asiento del tractor son o no aceptables. Dichos límites son:

- Límite de confort reducido (asegura el confort).
- Límite a la capacidad reducida por fatiga (asegura la capacidad de trabajo).
- Límite de exposición (asegura la salud y la seguridad).

En el cuadro II se reflejan los valores numéricos del límite de capacidad reducida por fatiga para la vibración vertical (eje Z) en el rango de frecuencias de 4 a 8 Hz y transversal (eje X y eje Y) en el rango de frecuencias de 1 a 2 Hz, en función del tiempo de exposición. Estos rangos de frecuencias coinciden

CUADRO II. VALORES NUMÉRICOS DEL "LÍMITE DE CAPACIDAD REDUCIDA POR FATIGA" PARA ACELERACIONES PONDERADAS DE ACUERDO CON ISO 2631/85 EN M/SEG² DE VIBRACIÓN LONGITUDINAL AWZ (4 A 8 HZ) Y TRANSVERSAL AWX Y AWY (1 A 2 HZ).

	Tiempo de exposición								
	24 h	16 h	8 h	4 h	2,5 h	1 h	25 min	16 min	1 min
awz	0,140	0,212	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	2,12	2,80
awx awy	0,100	0,150	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,0

Nota: El "límite de exposición" se obtiene multiplicando los valores de aceleración por dos.

Enrique Segura, s.l.

CONCESIONARIO



NEW HOLLAND

COSECHADORAS DE OCASIÓN

Importadas de la Comunidad Europea. ¡¡Como a estrenar!!

NEW HOLLAND TX 36, TX 34, 8080, 8070, 8050.

Empacadoras gigantes New Holland. Otras marcas y modelos consultar.

Polígono Industrial Sector 4, núm. 9. Tel. 976 18 50 20. Fax: 976 18 53 74. 50830 - VILLANUEVA DE GÁLLEGO. (Zaragoza).



Fig. 6. Disco flexible dotado con acelerómetro triaxial para la medida de la vibración en el asiento.

con los que mayor daño producen al hombre según la dirección considerada. El límite de exposición se obtiene multiplicando los valores de aceleración por dos.

Los equipos utilizados para medir y evaluar la exposición a las vibraciones consisten en: un disco (fig. 6) dotado con un acelerómetro

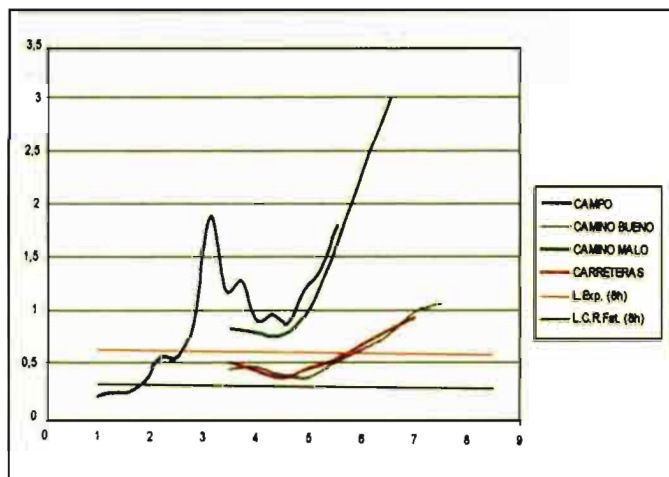


Figura 8. Niveles de vibración medidos en el eje Z, a distintas velocidades y superficies de rodadura. Tractor de doble tracción. L.Exp (8h): Límite de exposición para 8 horas de trabajo. L.C.R.Fat. (8h): Límite de Capacidad Reducida por Fatiga para 8 horas de trabajo.

triaxial capaz de medir la aceleración (intensidad) en los tres ejes definidos en la fig. 5, un módulo de acondicionado que permite adecuar las señales proporcionadas por los acelerómetros a las especificaciones de la ISO 2631/1, así como un procesado, almacenamiento y visualización de los datos en pantalla. Un ejemplo de este equipo completo se muestra en la fig. 7.

Resultado de las medidas realizadas sobre tractores

En medidas realizadas sobre tractores agrícolas de doble tracción, simple y orugas en el Valle del Guadalquivir, se ha puesto de

manifiesto que:

- Los factores que más influyen en los niveles de vibración en el asiento son la velocidad de avance y la rugosidad y dureza del suelo, encontrando los mayores niveles en suelos rugosos y duros y a altas velocidades (fig. 8) (Jiménez, Blanco y Gil, 1998).

- Para las velocidades normales de trabajo y utilizando aperos de laboreo (5,4-9 km/h), se observa que, en la mayoría de las medidas, se supera el límite de capacidad reducida por fatiga para ocho horas de exposición (jornada normal de trabajo), produciendo cansancio y favoreciendo los errores en la conducción y la falta de reflejos, lo que puede provocar accidentes graves y mortales, como el vuelco del tractor. El límite de exposición a ocho horas se ve superado cuando las operaciones de laboreo se realizan a mayor velocidad (más de 7 km/h), comprometiendo la salud del tractorista (Blanco, Jiménez y Gil, 1997).

- Las operaciones de transporte presentan niveles superiores a las demás, rebasándose el límite de exposición en todas las medidas y en los tres ejes, siendo especialmente nociva la vibración vertical que se produce en el transporte con remolques de un eje, a altas velocidades (10 km/h) y por caminos en mal estado.

- En mu-

chas de las situaciones de trabajo, la aplicación de asientos suspendidos no es suficiente para prevenir a los tractoristas de los daños de la exposición a vibraciones de cuerpo completo. ■

BIBLIOGRAFÍA

Bovenci, M.; Betta, A., 1994. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. *Applied Ergonomics*, 25(4), 231-241.

Burdore, A.; Swuste, P., 1993. The effect of seat suspension on exposure to whole-body vibration of professional drivers. *Ann. occup. Hyg.*, 37(1), 45-55.

Cabanás, M. A.; Gil, J. A., 1984. Vibraciones en los tractores y su influencia en el confort sobre la capacidad de trabajo y salud de sus conductores. *Salud y Trabajo*, 44, 57-69.

Diebschlag, W.; Heidinger, F.; Dupuits, H., 1995. *Seat Ergonomics. Aspects of industrial medicine and technology relating to seat design*. Grammer. Germany.

Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 269, de 10 de noviembre. R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprue-



Fig. 7. Equipo de medida de vibradores en cuerpo humano.

ba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE de 31 de enero.

Blanco, G. L.; Jiménez, J. R.; Gil, J., 1997. Influencia del sistema de manejo del suelo en las condiciones de trabajo de los tractoristas: vibración y ruido. *Actas del Congreso Nacional de Agricultura de Conservación y Medidas Agroambientales*. A.E.L.C./S.V. Córdoba-España.

Jiménez, J. R.; Blanco, G. L.; Gil, J., 1998. Tractor Whole-Body vibration. Influence of working conditions. XIIIth International Congress on Agricultural Engineering. Agricultural Engineering Department of the Hassan II Institute of Agronomy and Veterinary Medicine of Rabat. Rabat-Marruecos.



Fig. 9. La mayoría de las operaciones de laboreo producen fatiga sobre el tractorista.