

Seguridad en el sector agroalimentario.

TEMA 7: EL TRACTOR

Índice

1. Riesgos en el manejo de tractores y su prevención
2. Estudio sobre el vuelco
3. Sistemas de protección ante el vuelco
4. Vibraciones y asiento
5. Posición de los mandos
6. Ruido

Accidentes y lesiones graves en los tractores

- Vuelcos durante la labor o en el transporte
 - Al trabajar en parcelas de laderas, el tractorista debe ser consciente de la inclinación del tractor y la consiguiente pérdida de estabilidad, tomando las precauciones necesarias para reducir al mínimo el peligro de vuelco. Lo mismo sucederá cuando el tractor trabaje en las proximidades de ribazos, zanjas o acequias
- Atrapamientos durante las maniobras de enganche de los aperos y máquinas
- Vibraciones de baja frecuencia, con daños en la columna vertebral y el aparato digestivo principalmente
- Ruido que origina una pérdida de la capacidad auditiva

Normas para adecuada circulación con el tractor

- Cuando se circula por carretera los pedales de freno deben hacerse solidarios mediante el pestillo colocado para ello

En el tractor solamente debe ir el tractorista sentado en su asiento, y en ningún caso deberán ir personas sobre los guardabarros o sobre el enganche



- Cuando el tractor desciende por una cuesta, nunca se debe situar la palanca del cambio en punto muerto. Lo correcto es colocar una velocidad corta para que el propio motor sirva de freno.
- Las curvas deben tomarse despacio, reduciendo la velocidad antes de entrar en ellas
- Cuando el tractor arrastre una máquina o un remolque habrá que poner cuidado en tomar las curvas más abiertas

- Cuando se efectúen labores por la noche y se conecte el faro trasero de labor, o se varíe la posición de los faros delanteros, al salir al camino o a la carretera se debe desconectar el primero y volver a su posición los segundos para no deslumbrar al resto de los vehículos.
- Cuando se detenga el tractor se debe poner inmediatamente la palanca del cambio en punto muerto y si lleva un apero en el elevador hidráulico, debe bajarse hasta que se apoye en el suelo
- Cuando se va a llenar el depósito de combustible, se debe parar el motor.

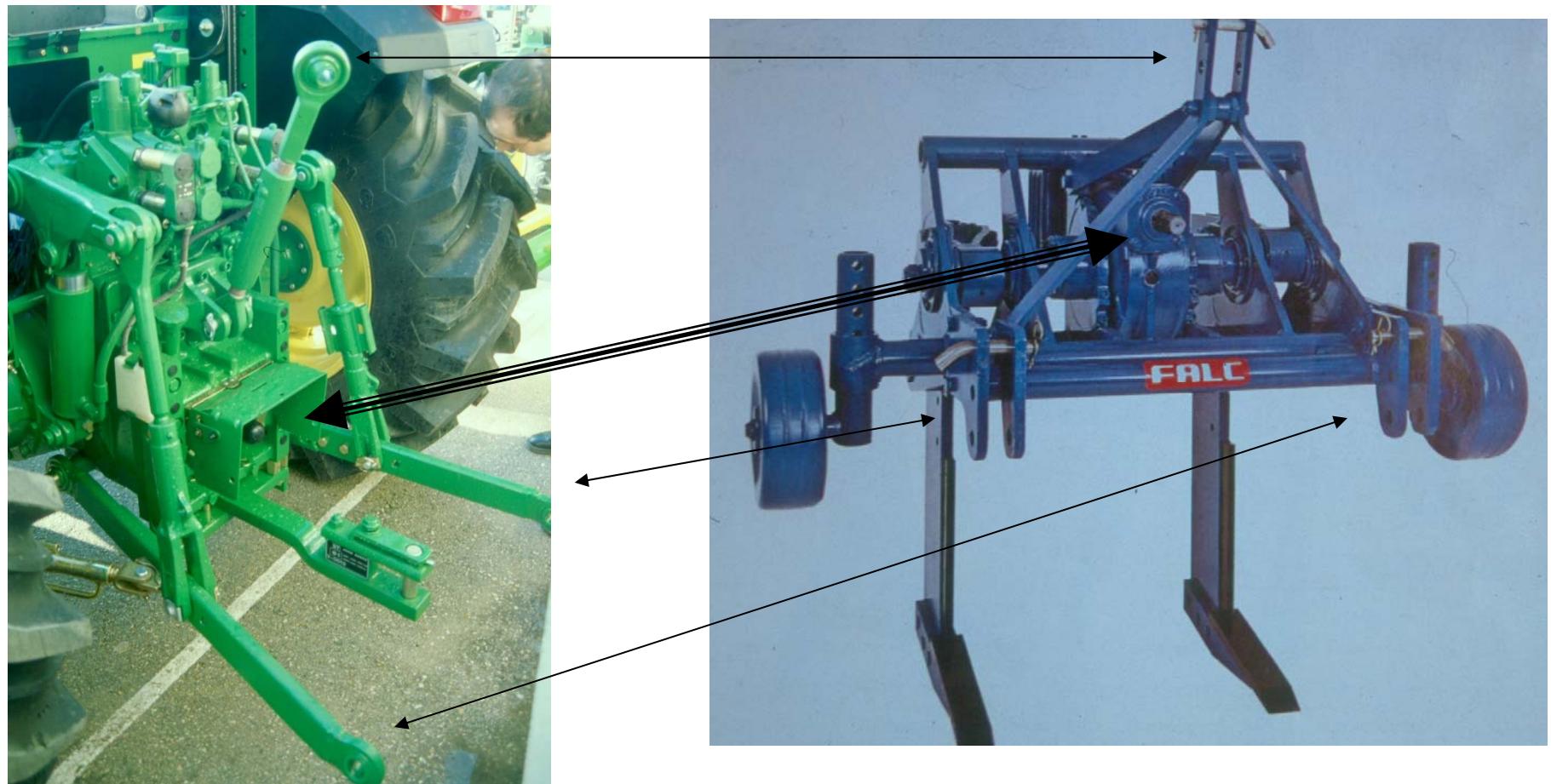
Recomendaciones relativas al mantenimiento, reparación y limpieza del tractor

- Mantener el tractor limpio. Restos de plantas en el tubo de escape pueden originar fuego. Aceite, grasa o barro en la escalera o plataforma pueden originar caídas.
- Comprobar el dibujo y la presión correcta de los neumáticos.
- Comprobar el funcionamiento correcto de las luces y de las señales de aviso
- En los trabajos de mantenimiento, puesta a punto y limpieza, se debe desconectar la transmisión y parar el motor. ¡Extraer la llave de arranque!
- Al realizar trabajos en la instalación eléctrica o con soldadura eléctrica en el tractor o en máquinas montadas en el mismo, desconectar los cables del generador eléctrico y de la batería

- Las piezas de repuesto deben corresponder con los requisitos técnicos del fabricante del tractor y de la máquina.
- Cuando el motor del tractor está caliente, no se debe abrir de golpe el tapón del radiador, con el fin de evitar el riesgo de quemaduras por la salida de vapor de agua a presión.
- El tractorista no debe llevar ropas sueltas durante su trabajo, pues éstas pueden ser atrapadas por mecanismos en movimiento (correa del ventilador, toma de fuerza, etc.)
- Si el tractor se encuentra en un local cerrado, después de la puesta en marcha del motor, dicho local debe ventilarse suficientemente, pues los gases del escape son muy tóxicos.
- Las reparaciones o ajustes en aperos que deban estar suspendidos se harán con el motor parado, la toma de fuerza desconectada y calzados convenientemente para evitar pueden lesionar o caer sobre el operario

Normas que deben seguirse con el enganche de tres puntos

- Para el enganche en tres puntos deben corresponderse las categorías (ISO 730) de los enganches del tractor y de la máquina

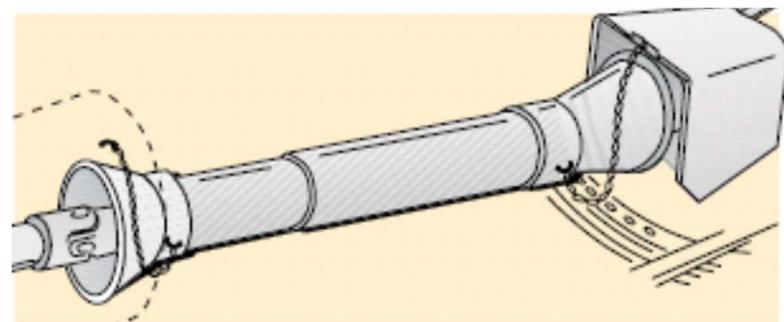


- Antes de enganchar y desenganchar máquinas, sitúe los mandos de tal modo que los brazos no se puedan elevar o descender involuntariamente.
- Al accionar el mando exterior del enganche de tres puntos, no se coloque entre el tractor y la máquina.
- En las operaciones de transporte establezca siempre una fijación lateral
- En el transponde por carretera con la máquina suspendida debe bloquear la palanca de accionamiento de descenso.



Normas que deben seguirse con la transmisión y acoplamiento a la “toma de fuerza”:

- Utilizar únicamente el eje cardánico previsto para la máquina por el fabricante con su correspondiente dispositivo de seguridad.
- El tubo y las tejas de protección del eje cardánico, así como el protector de la tdf deben estar montados
- Montar el eje cardánico solamente con la tdf desconectada y con el motor parado
- Evitar el giro del tubo protector del eje cardánico mediante la sujeción con unas cadenas anti-rotación.

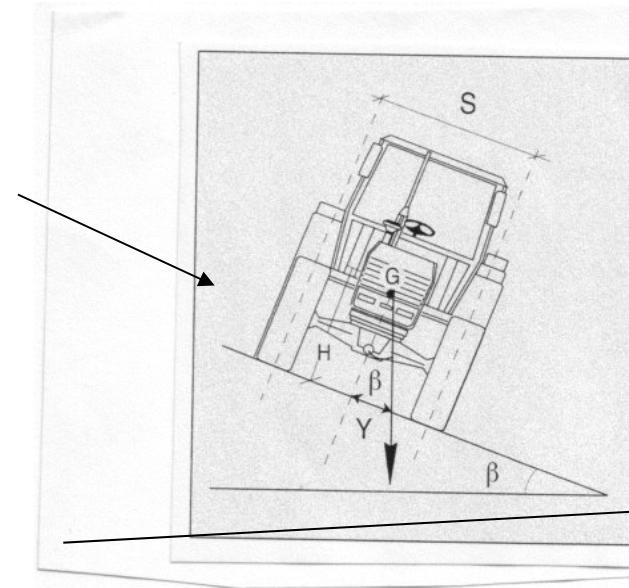


- Antes de poner en marcha la tdf, hay que asegurarse que el número de revoluciones elegido para la tdf se corresponde con el permitido para la máquina (velocidad de giro de trabajo).
- Al embragar lentamente se protege tanto al tractor como a la máquina
- Si se utiliza la tdf dependiente del camino, tenga en cuenta que su velocidad de giro depende de la velocidad de avance y que el sentido de giro se invierte en la marcha atrás.
- Al conectar la tdf, nadie debe permanecer en la zona próxima a la máquina en movimiento.
- Desconecte la tdf siempre que se formen ángulos excesivos y cuando no sea necesaria.
- Al retirar el eje cardánico, fije la cubierta protectora de la tdf.

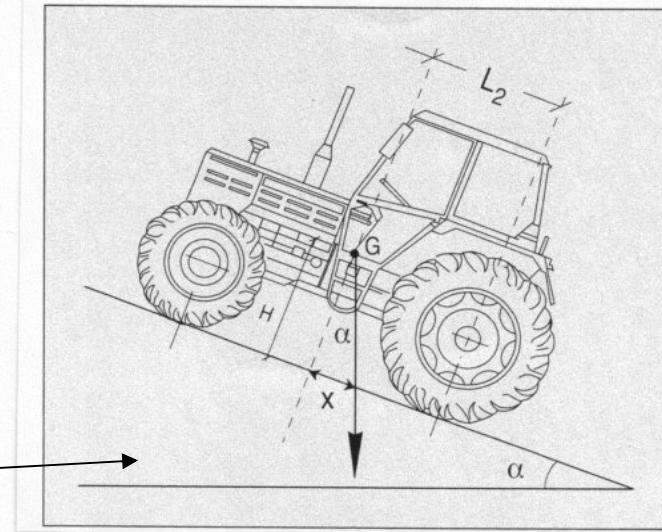


ESTABILIDAD DE LOS TRACTORES

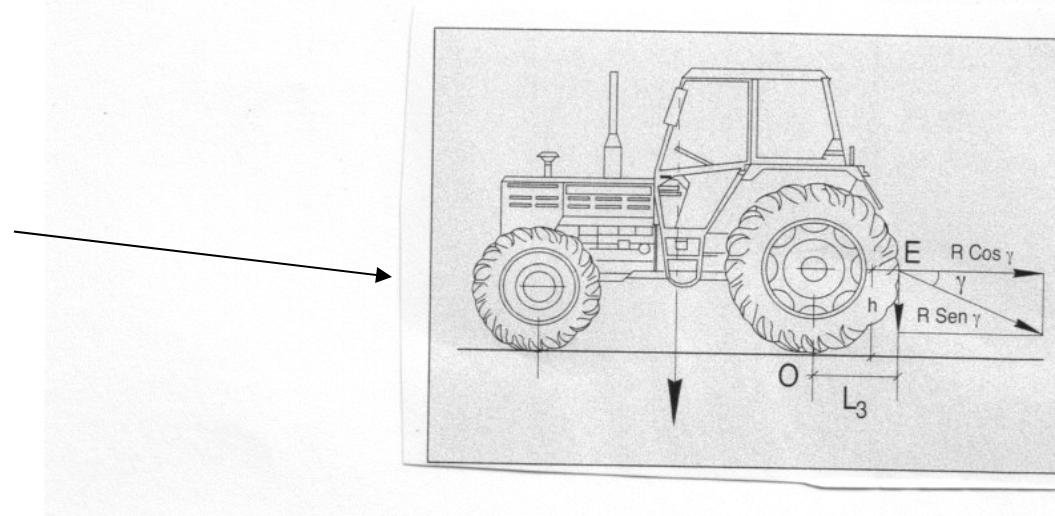
Pendiente transversal



Pendiente longitudinal



Efectos del enganche



2. Estudio sobre el vuelco

Levante

EL MERCANTIL VALENCIANO

MIÉRCOLES, 08 DE JUNIO DE 2005 Edición digital n. 2814

FUNDADO EN 1872

MercaLevante

Levante-EMV

Portada en PDF 

Levante de Alacant

Portada en PDF 

Levante de Castelló

Portada en PDF 

Secciones

Opinión

C. Valenciana

Valencia

Comarcas

Castelló

Alacant

Panorama

Sucesos

Frontera

Muere en Siete Aguas otro tractorista

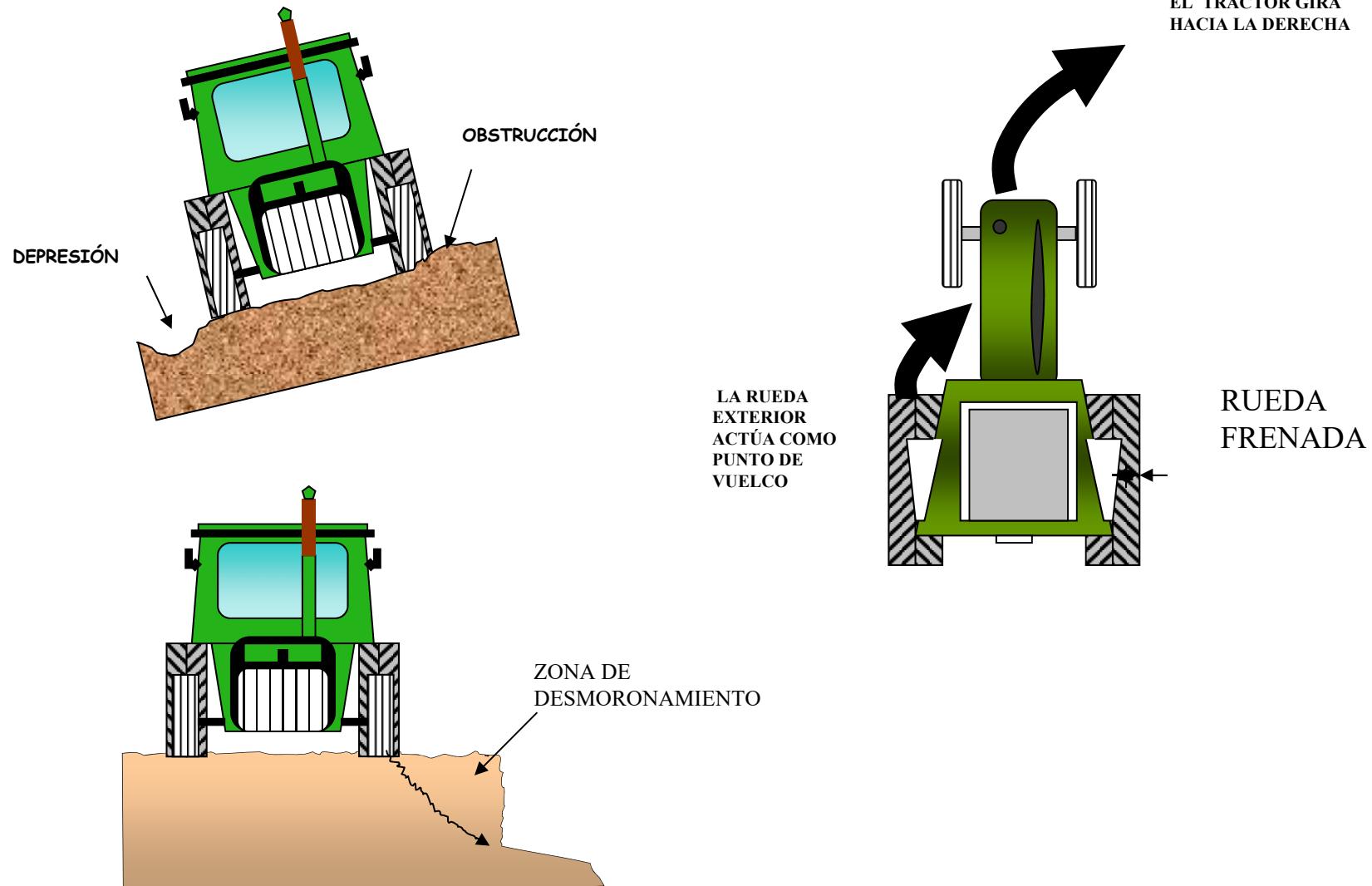
En Cocentaina, un agricultor resultó herido de gravedad al quedar atrapado en su vehículo



La siniestralidad laboral en el campo valenciano se cobró ayer su novena víctima mortal por vuelco de tractor en los primeros meses de 2005. Ricardo A. T., un jubilado de 73 años, falleció aplastado por su tractor cuando se dirigía a trabajar uno de sus campos en Siete Aguas.

Un mecánico fallece aplastado por el camión que reparaba en la autopista AP-7

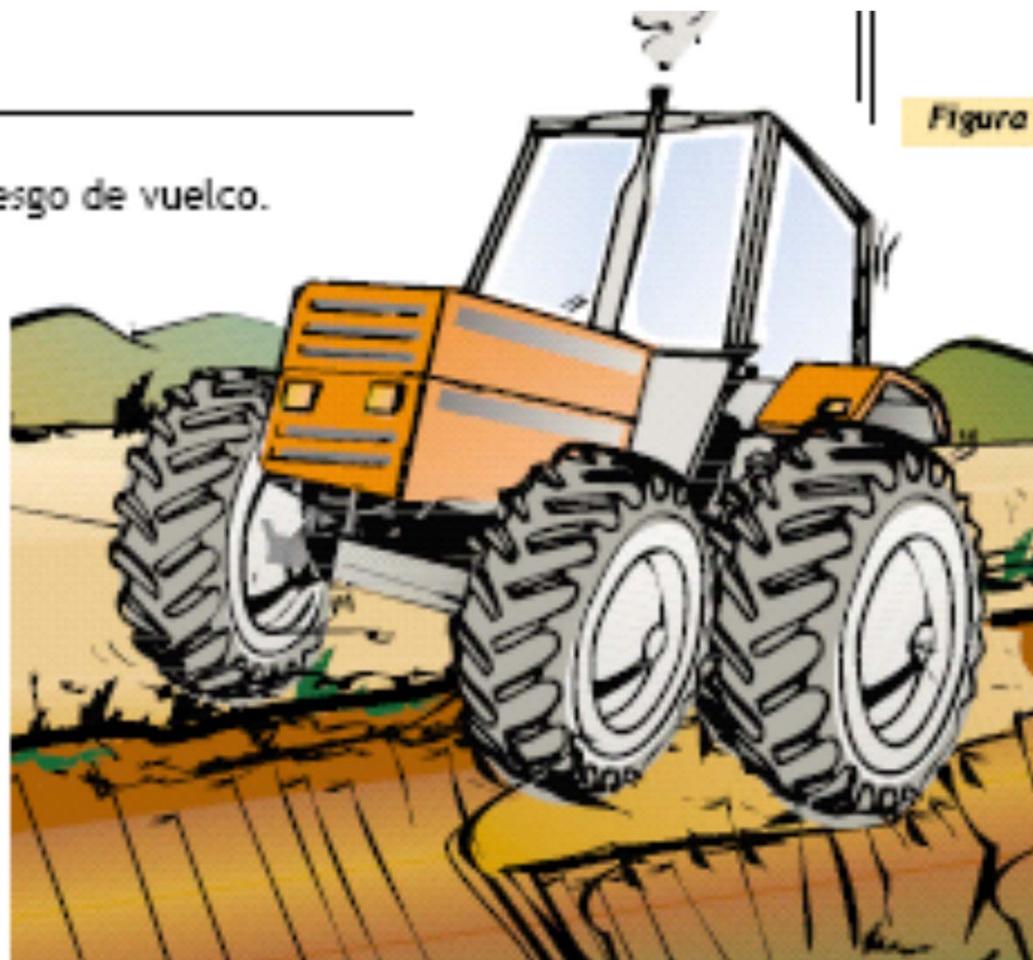
VUELCOS LATERALES



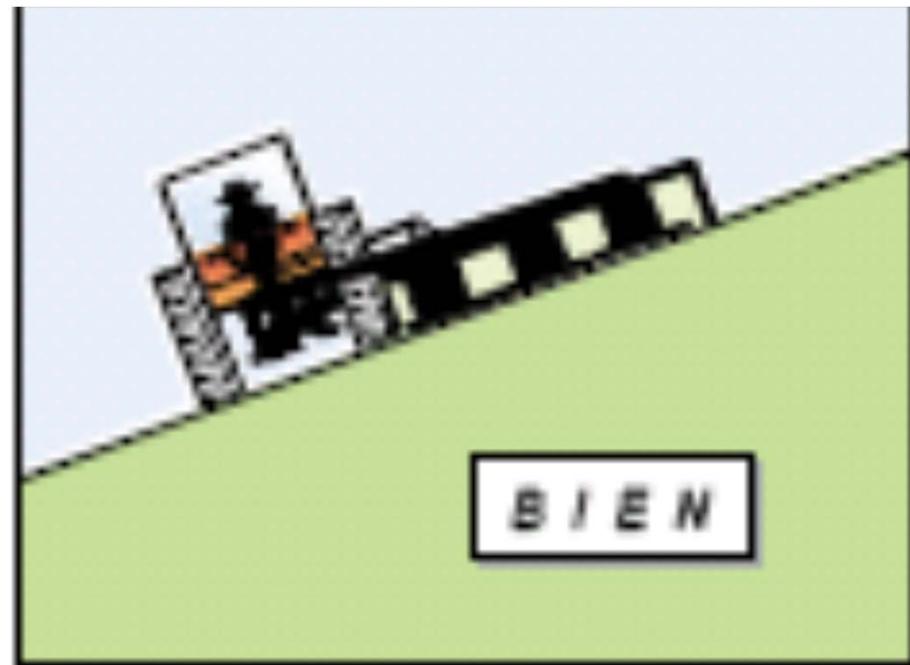
Desmoronamiento de taludes

riesgo de vuelco.

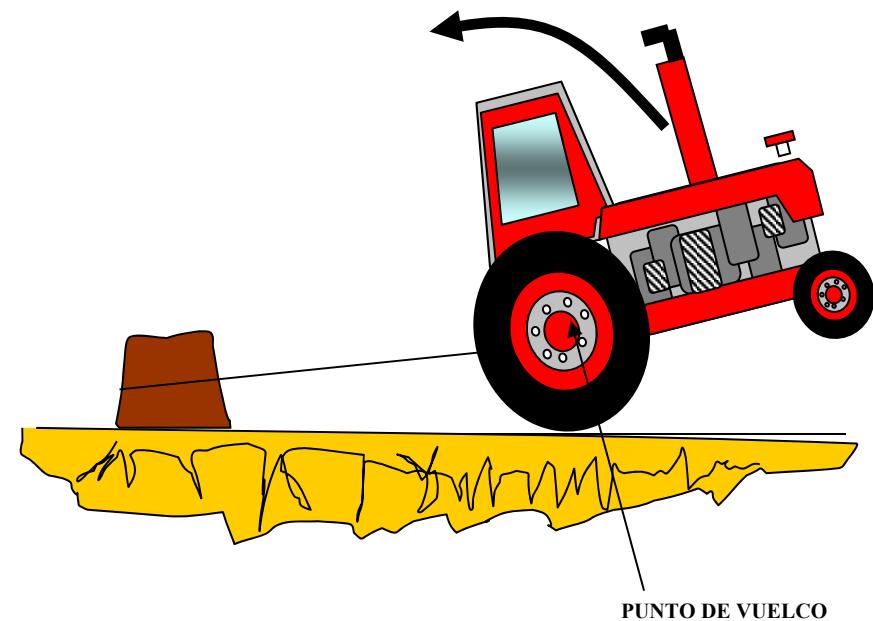
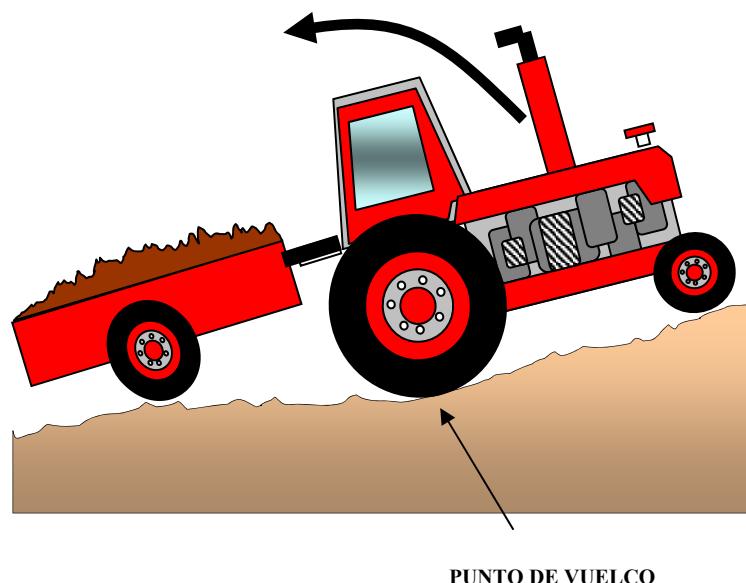
Figura 1



TRABAJOS EN CURVAS DE NIVEL



VUELCOS LONGITUDINALES



“Encabritamiento” del tractor



Figura 13

PRINCIPALES CAUSAS DE LOS VUELCOS DE TRACTOR

-factores de riesgo-

Causas inherentes al propio tractor

- Altura libre
- Vía estrecha
- Batalla (distancia entre ejes) corta



Causas inherentes a al apero

- Excesivo esfuerzo de tiro (suelas de labor, raíces, etc.)
- Altura elevada del enganche
- Excesivo peso de aperos suspendidos

Causas inherentes al terreno

- Fuertes pendientes (peligro en curva de nivel y en ascensión)
- Irregularidades:
 - socavones o depresiones;
 - hundimientos en borde de bancales o taludes no afirmados
 - Obstáculos en superficie

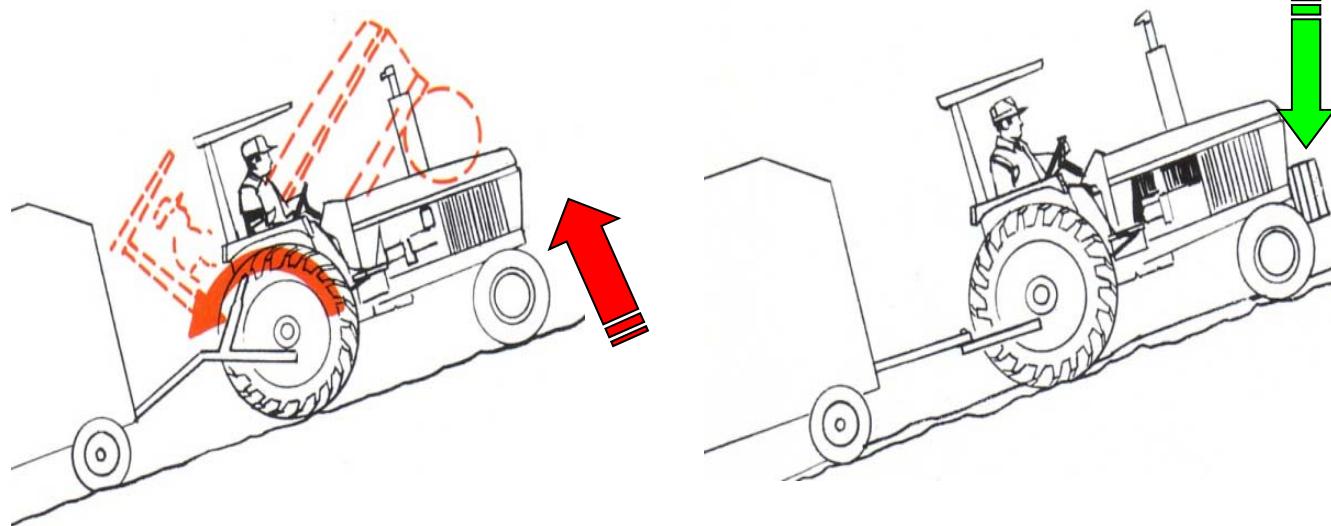
Causas inherentes a la conducción

- Radios de curvatura (curvas cerradas)
- Frenazos bruscos
- Exceso de velocidad

Lastrado del tractor

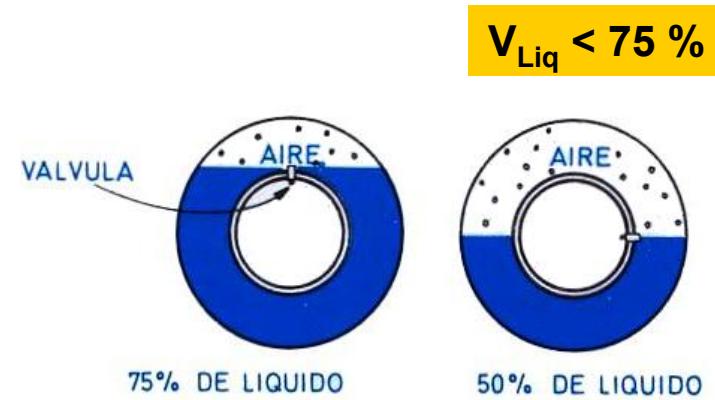
- **Consiste en aumentar el peso del tractor**
- **Objetivos del lastrado:**
 - Lastrado sobre el eje delantero:
 - Aumentar la seguridad: mayor estabilidad, menor peligro de vuelco
 - Aumentar la capacidad de tiro y reducir el resbalamiento en tractores con tracción a las cuatro ruedas.
 - Lastrado de las ruedas traseras:
 - Aumentar la adherencia rueda-suelo y la capacidad de tiro.
 - Reducir el resbalamiento.

EL LASTRADO DE TRACTORES CONTRAPESO DELANTERO



LASTRADO RUEDAS TRASERAS

HIDROINFLADO



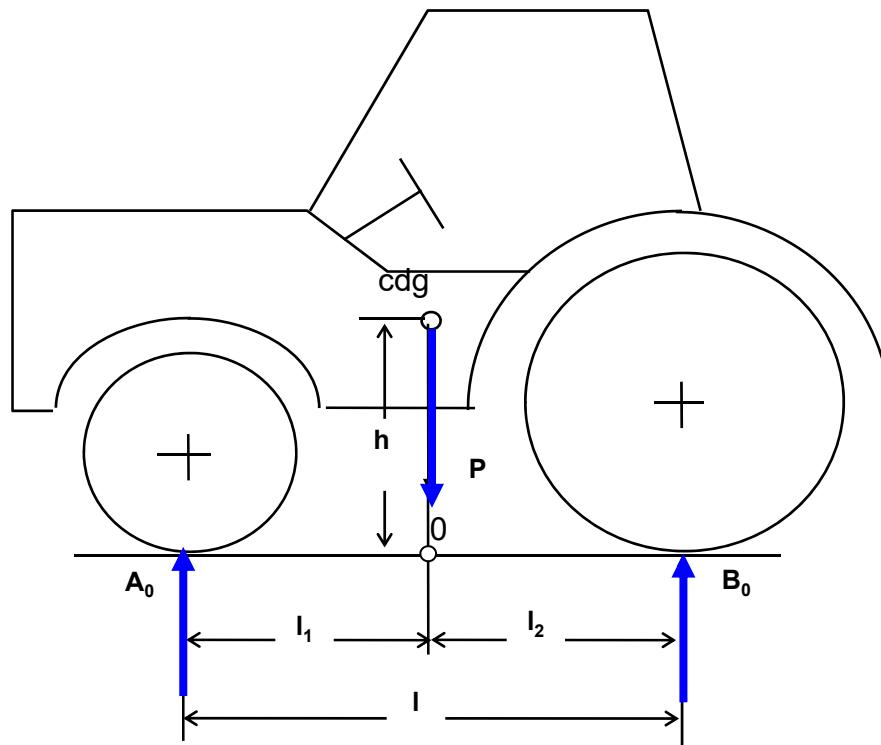
$V_{Liq} < 75 \%$

CONTRAPESOS EN RUEDAS TRASERAS



DIAGRAMAS DE FUERZAS EN REPOSO

1.1. Diagrama de fuerzas en reposo, sin apero y en llano



Distribución del peso del tractor en reposo, en llano y sin apero.

A_0 = reacción del suelo

B_0 = reacción del suelo

l = la batalla

l_1 = distancia entre las ruedas delanteras y la perpendicular al suelo que pasa por el cdg

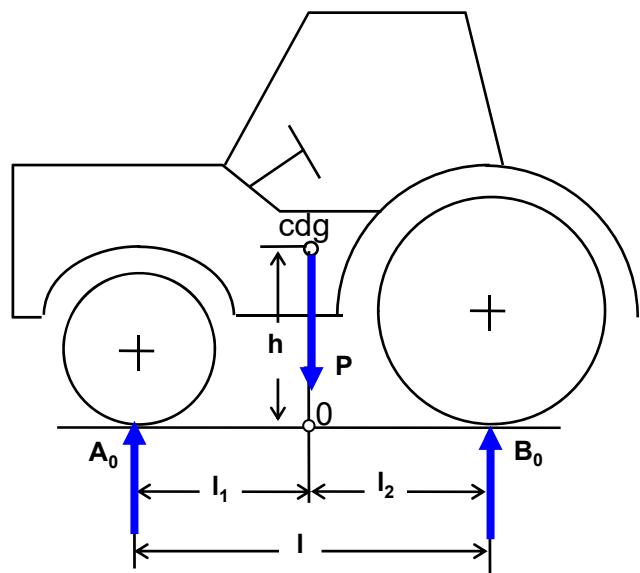
l_2 = la distancia entre las ruedas traseras y la perpendicular al suelo que pasa por cdg

h = altura a la que se encuentra el cdg del tractor

P = peso del tractor

DIAGRAMAS DE FUERZAS EN REPOSO

1.1. Diagrama de fuerzas en reposo, sin apero y en llano



Por el equilibrio de fuerzas:

$$(1) \quad P = A_0 + B_0$$

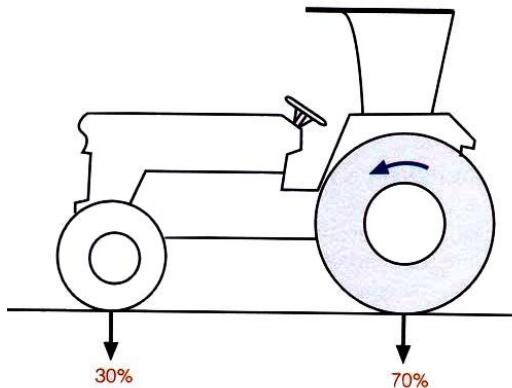
Por el equilibrio de momentos (en punto 0):

$$(2) \quad A_0 \cdot l_1 - B_0 \cdot l_2 = 0$$

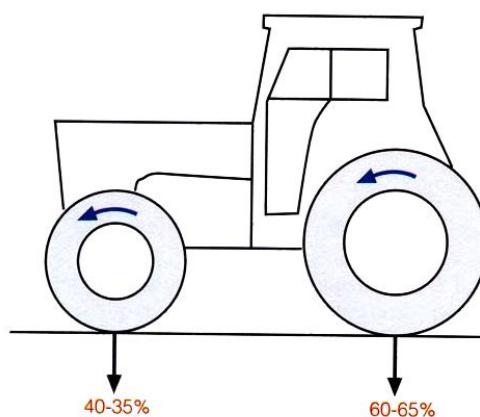
de donde, por (1) y (2):

$$(3) \quad A_0 = P \cdot l_2 / l$$

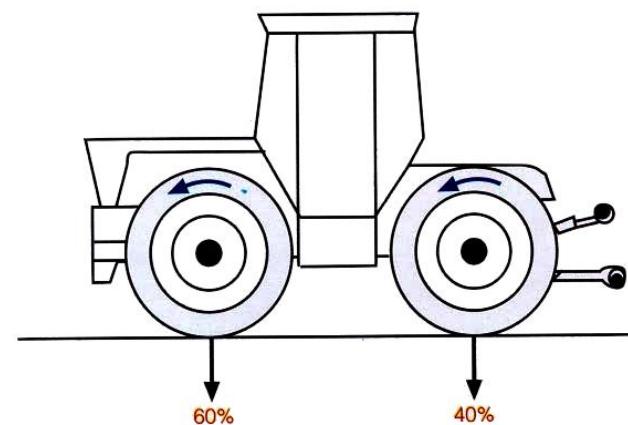
$$(4) \quad B_0 = P \cdot l_1 / l$$



**Reparto de pesos
estáticos en tractores
de dos ruedas motrices**



**Reparto de pesos
estáticos en tractores de
cuatro ruedas motrices
desiguales**

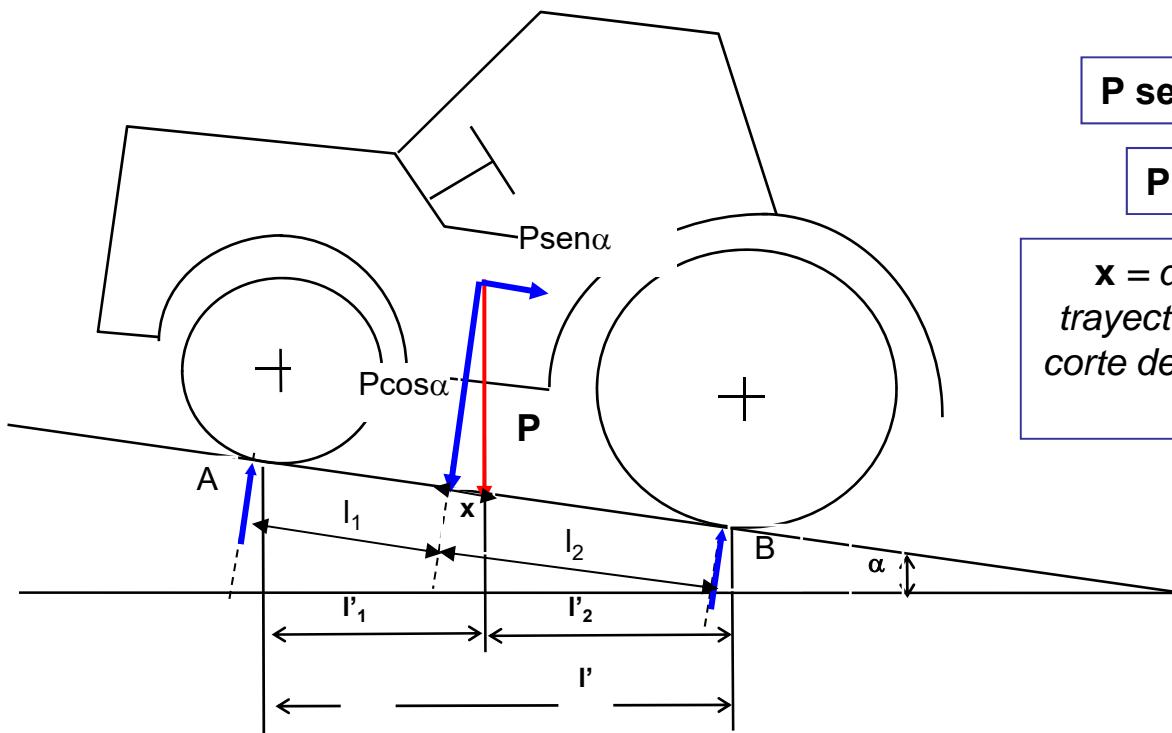


**Reparto de pesos
estáticos en tractores de
cuatro ruedas motrices
iguales**

DIAGRAMAS DE FUERZAS EN REPOSO

2. Diagrama de fuerzas en reposo, sin apero y en pendiente

El mayor riesgo asociado al tractor es el vuelco

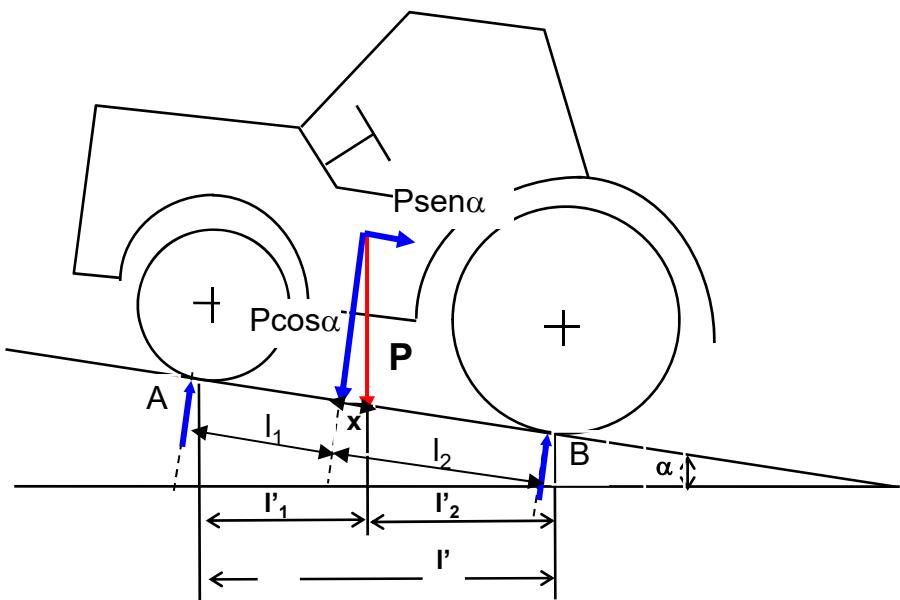


$P \sin \alpha$ = componente tangencial del peso

$P \cos \alpha$ = componente normal del peso

x = distancia entre el punto de corte de la trayectoria del peso con el suelo y el punto de corte de la trayectoria de la componente normal del peso con el suelo.

α = pendiente del suelo



$$(5) \quad x = h \cdot \operatorname{tag} \alpha$$

Por equilibrios de fuerza y momentos en punto de apoyo se llega a:

(6) $A = P \cdot \cos \alpha \cdot (l_2 - x) / l$

si el tractor vuelve si $A \leq 0$, suponiendo la condición límite $A = 0$, el valor mínimo de x para que el tractor vuelque será, según la ecuación (6):

(7) $x = l_2$

De (5) y (7) (8) $\operatorname{tag} \alpha = x / h = l_2 / h$

condición de estabilidad del tractor

El vuelco se producirá cuando el ángulo α sea igual o superior al dado por la ecuación (9)

(9) $\alpha = \operatorname{arctag} (l_2 / h)$

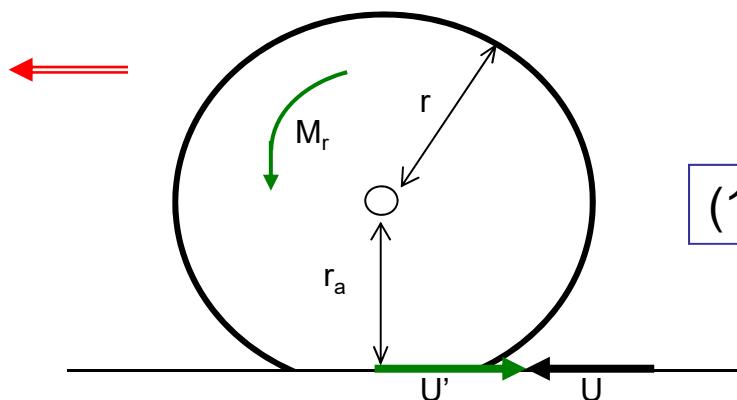
(10) $A > 0,2 A_0$

DIAGRAMAS DE FUERZAS EN MOVIMIENTO

Tractor desplazándose por suelo agrícola a una **velocidad uniforme (v)** y tirando de un apero, para lo que debe ejercer una **fuerza Z'**

1

El movimiento de las ruedas motrices se logra debido al **par motor existente en los palieres (M_r)** que genera en el punto de unión con el suelo una **fuerza periférica de reacción U** a una **distancia del eje (r_a)**, algo menor que el **radio (r)**, debido a la deformación de la rueda

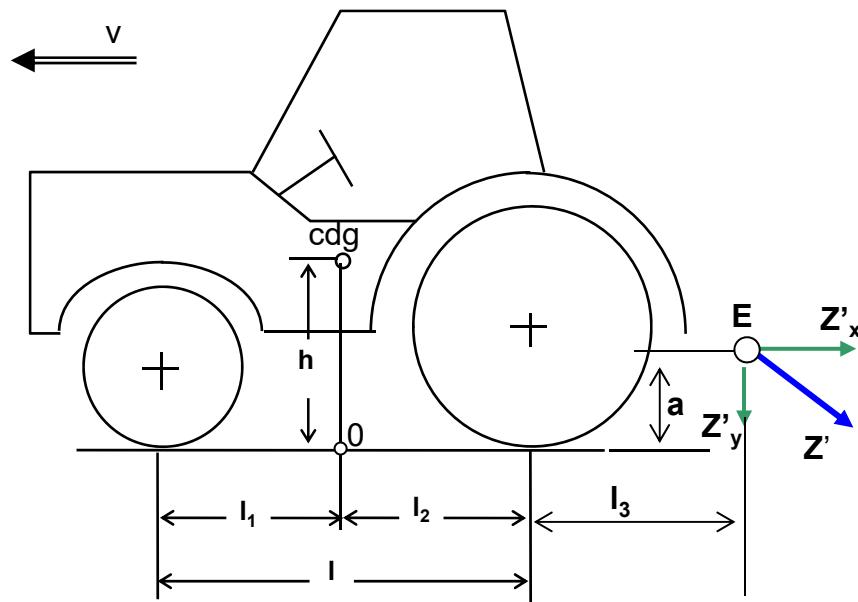


(11)

$$U = U' = M_r / r_a$$

2

La fuerza o esfuerzo de tiro Z es la componente tangencial de la fuerza Z' , es decir, $Z = Z'_x$, y se localiza en el punto de enganche del tractor (E) que está a una altura a del suelo y a una distancia I_3 del centro de la rueda trasera



a = altura del enganche.

I_3 = distancia desde el punto de enganche al eje de las ruedas traseras.

v = velocidad uniforme y real a la que se desplaza un tractor.

Z = fuerza o esfuerzo de tiro (Z'_x).

Z' = fuerza que debe hacer el tractor para tirar del remolque.

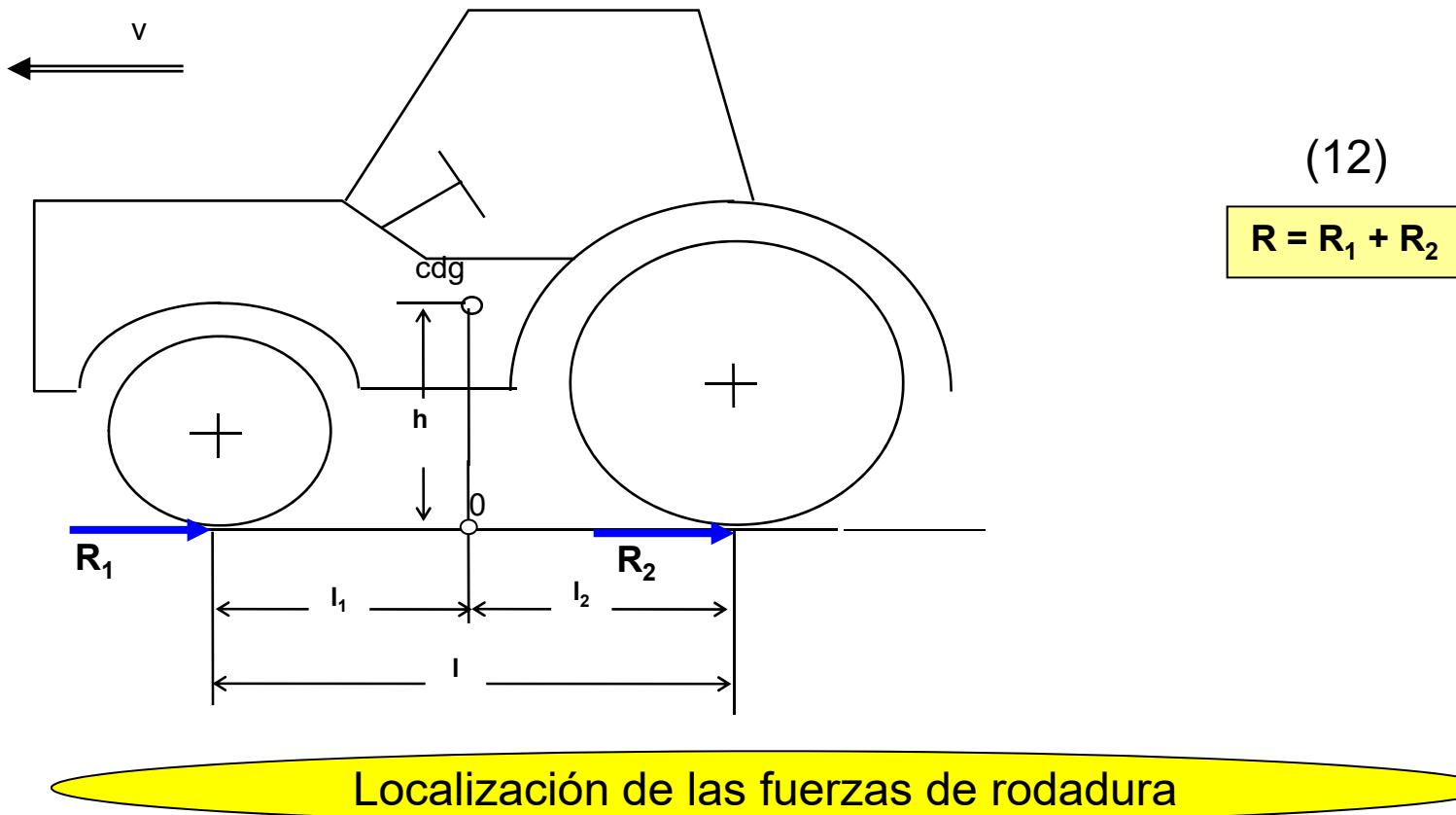
Z'_x = componente tangencial de la fuerza Z' .

Z'_y = componente normal de la fuerza Z' .

E (punto de enganche): Localización de la fuerza o esfuerzo de tiro Z

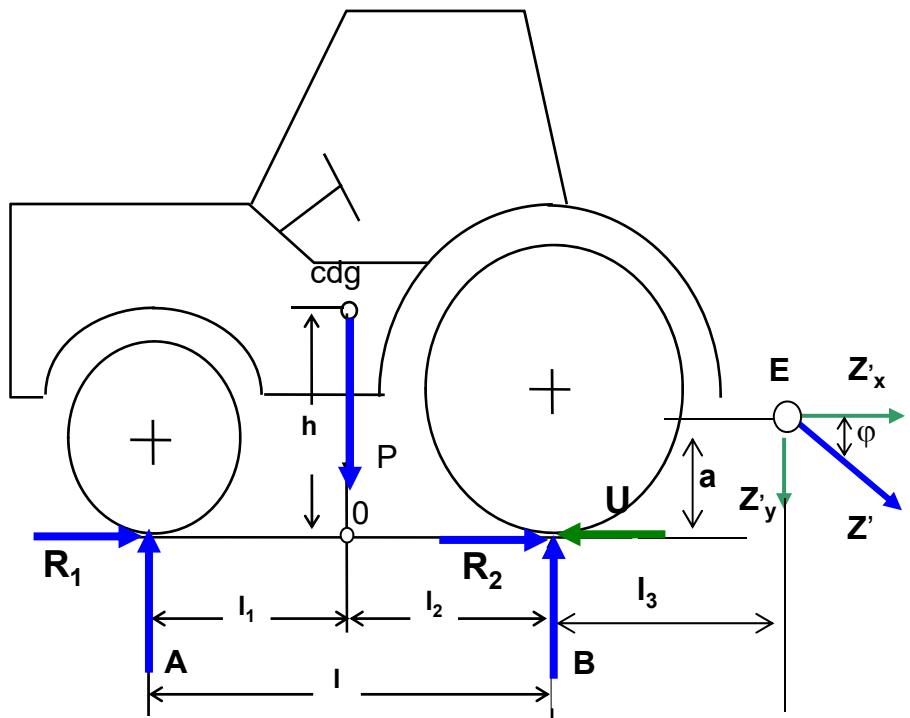
3

En cada una de las ruedas aparecen unas **fuerzas R_1 y R_2** que se oponen al avance del vehículo y que reciben el nombre de fuerzas de rodadura en las ruedas delanteras y traseras respectivamente. La **fuerza de rodadura total (R)** es la suma de las dichas fuerzas de rodadura



En resumen

La representación de todas las **fuerzas que actúan** cuando el tractor se desplaza a una velocidad uniforme (v) tirando de un apero en un terreno llano, sería:



a = altura del enganche.

A = reacción del suelo en el punto de contacto con ruedas delanteras.
 B = reacción del suelo en el punto de contacto con las ruedas traseras.

h = altura a la que se encuentra el centro de gravedad del tractor.

I = la batalla. Distancia entre las ruedas traseras y delanteras.

I_1 = distancia entre las ruedas delanteras y la perpendicular al suelo que pasa por el centro de gravedad del tractor (cdg).

I_2 = la distancia entre las ruedas traseras y la perpendicular al suelo que pasa por el centro de gravedad del tractor.

I_3 = distancia desde el punto de enganche al eje de las ruedas traseras.

P = peso del tractor. Fuerza peso localizada en el centro de gravedad del tractor.

R_1 = Fuerza de rodadura en las ruedas delanteras.

R_2 = Fuerza de rodadura en las ruedas traseras.

U = Fuerza periférica de reacción en el suelo responsable del avance del tractor.

v = velocidad uniforme y real a la que se desplaza un tractor.

Z' = fuerza o esfuerzo de tiro ($Z'x$).

$Z'x$ = componente tangencial de la fuerza Z' .

$Z'y$ = componente normal de la fuerza Z' .

equilibrios de fuerzas

- en el plano ortogonal al suelo: \rightarrow (13) $P + Z' \operatorname{sen} \varphi = A + B$

- en el plano tangencial al suelo: \rightarrow (14) $U = Z' \cos \varphi + R$

$$(12) R = R_1 + R_2$$

momentos

respecto al punto de contacto de las ruedas traseras con el suelo:

$$\hookrightarrow (15) P \cdot l_2 - A \cdot l - Z' \cos \varphi \cdot a - Z' \cdot \operatorname{sen} \varphi \cdot l_3 = 0$$

$$\hookrightarrow (17) A = (P \cdot l_2 - Z' \cdot \operatorname{sen} \varphi \cdot l_3 - Z' \cdot \cos \varphi \cdot a) / l$$

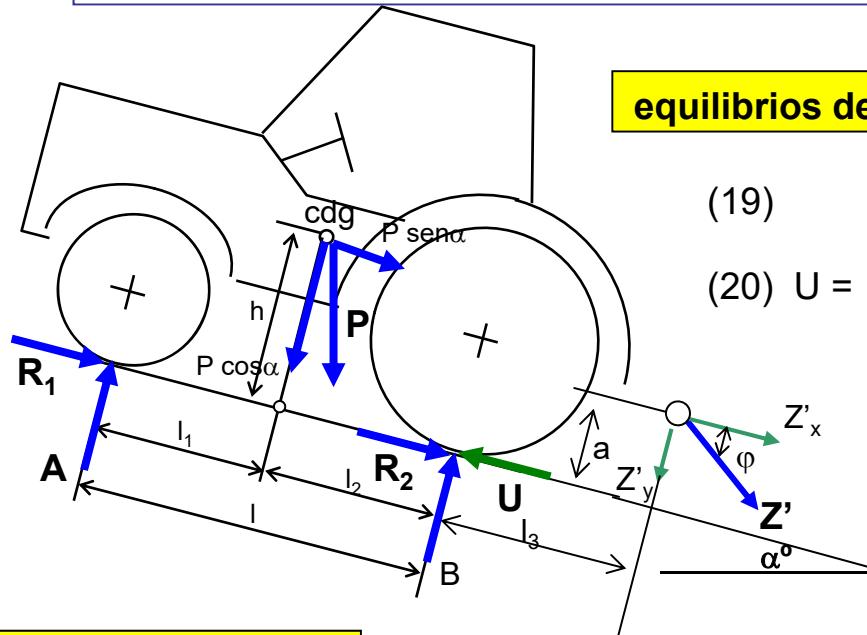
respecto al punto de contacto de las ruedas delanteras con el suelo

$$\hookrightarrow (16) P \cdot l_1 - B \cdot l + Z' \cdot \operatorname{sen} \varphi \cdot (l + l_3) + Z' \cdot \cos \varphi \cdot a = 0$$

$$\hookrightarrow (18) B = (P \cdot l_1 + Z' \cdot \operatorname{sen} \varphi \cdot (l + l_3) + Z' \cdot \cos \varphi \cdot a) / l$$

Con la presencia de una fuerza Z' , disminuye el valor de A , con el peligro de que el tractor se levante, y si Z' es suficientemente elevada incluso vuelque

En el caso de que el tractor esté ascendiendo una **pendiente de α°** , la representación de todas las fuerzas que actúan cuando el tractor se desplaza a una **velocidad uniforme (v)** sería:



equilibrios de fuerzas

$$(19) \quad P \cdot \cos \alpha + Z' \cdot \operatorname{sen} \varphi = A + B$$

$$(20) \quad U = Z' \cdot \cos \varphi + P \cdot \operatorname{sen} \alpha + R$$

$$\left. \begin{array}{l} (19) \\ (20) \end{array} \right\} (12) \quad R = R_1 + R_2$$

momentos

Pto ruedas traseras-suelo \rightarrow (21) $P \cdot \cos \alpha \cdot l_2 - P \cdot \operatorname{sen} \alpha \cdot h - A \cdot l - Z' \cdot \cos \varphi \cdot a - Z' \cdot \operatorname{sen} \varphi \cdot l_3 = 0$

$$(24) \quad A = [P \cdot \cos \alpha \cdot l_2 - P \cdot \operatorname{sen} \alpha \cdot h - Z' \cdot \cos \varphi \cdot a - Z' \cdot \operatorname{sen} \varphi \cdot l_3] / l$$

Pto ruedas delanteras-suelo \rightarrow (22) $P \cdot \operatorname{sen} \alpha \cdot h + P \cdot \cos \alpha \cdot l_1 + Z' \cdot \cos \varphi \cdot a + Z' \cdot \operatorname{sen} \varphi \cdot (l + l_3) - B \cdot l = 0$

$$(23) \quad B = [P \cdot \operatorname{sen} \alpha \cdot h + P \cdot \cos \alpha \cdot l_1 + Z' \cdot \cos \varphi \cdot a + Z' \cdot \operatorname{sen} \varphi \cdot (l + l_3)] / l$$

Con la presencia de una fuerza Z' , disminuye el valor de A , con el peligro de que el tractor se levante, y si Z' es suficientemente elevada incluso vuelque

En la práctica

Z entre el 50 y el 70% de B

LASTRADO

3. Sistemas de protección ante el vuelco



Cabinas y bastidores de seguridad



OBLIGATORIEDAD

- En prácticamente la totalidad de los países europeos, incluyendo España, se tiene establecida por ley la obligatoriedad de que los tractores agrícolas vayan provistos de bastidores o cabinas de seguridad, y en muchos otros países se ha adoptado o está a punto de tomarse la misma medida

Real Decreto 1215/1997, sustituyendo a otro de 1970

**Posibilidad de abatir el arco
de seguridad para trabajos
en huertos frutales**

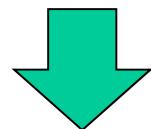


Sin protección



HOMOLOGACIÓN DE CABINAS

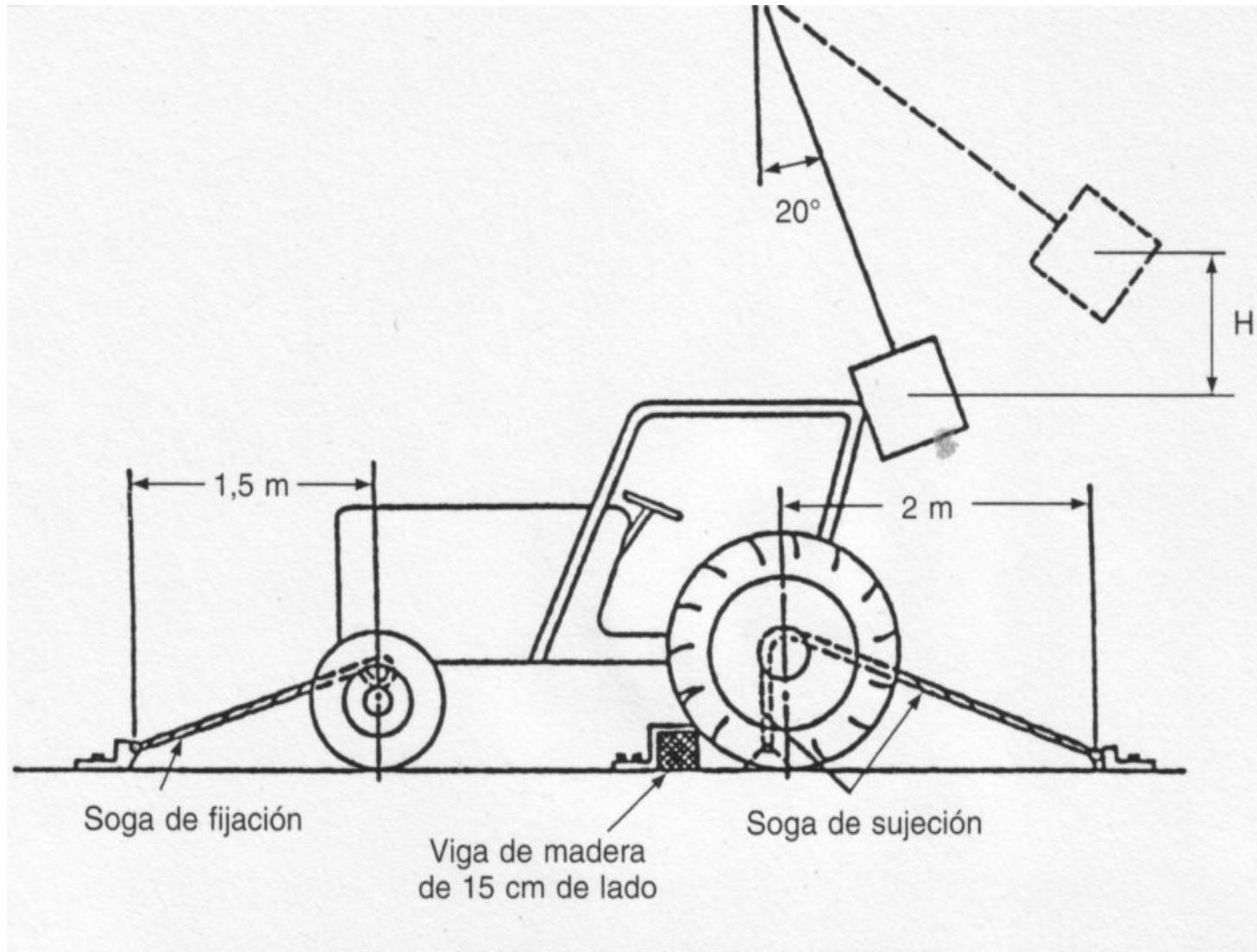
- Los bastidores y cabinas de seguridad han de ser suficientemente resistentes para proteger al tractorista en el vuelco.
- Con objeto de que se satisfaga este fin existen unas normas de ensayo de cabinas



ENSAYO de cabinas OCDE

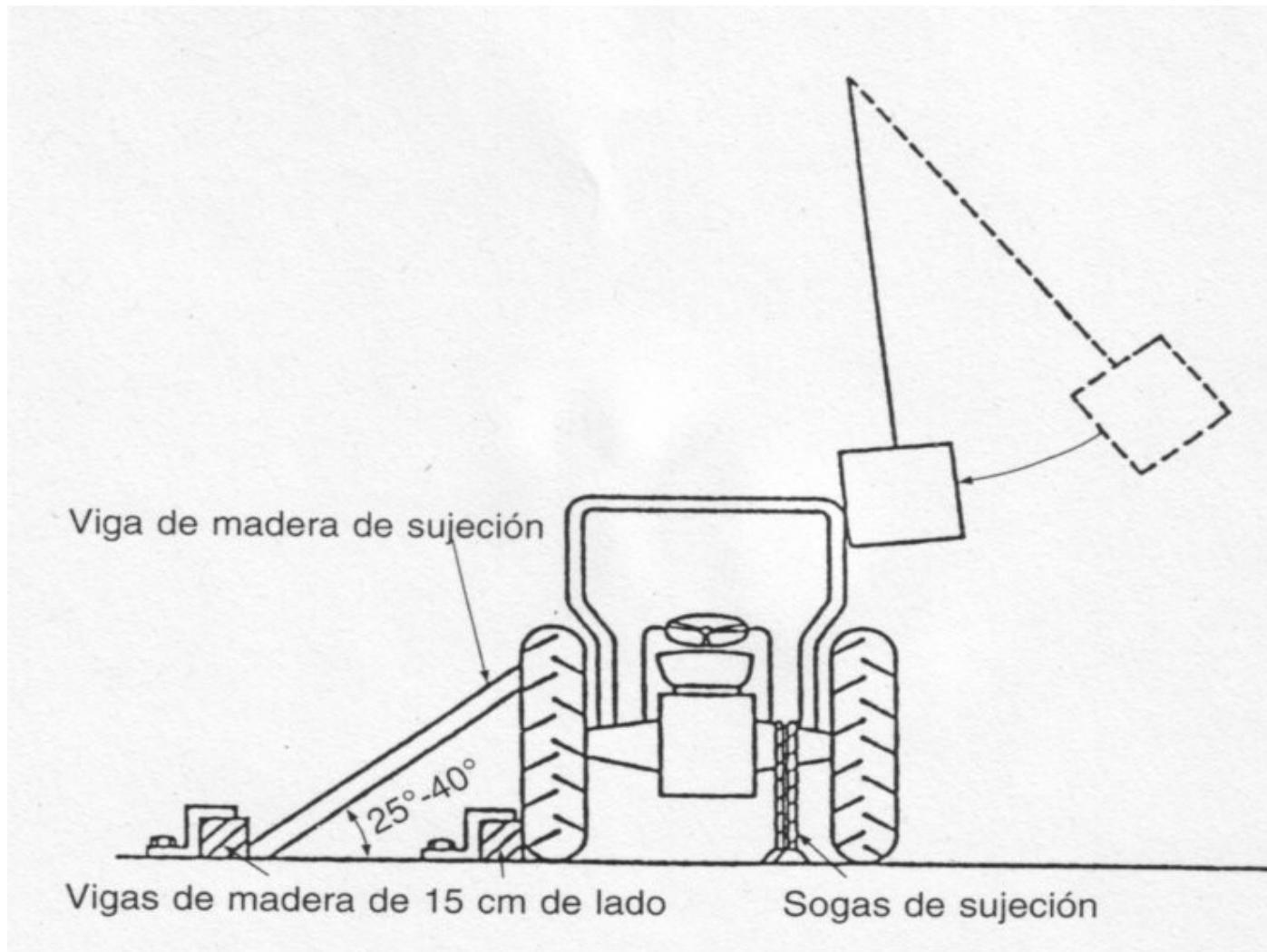
Ensayo dinámico

Impacto longitudinal

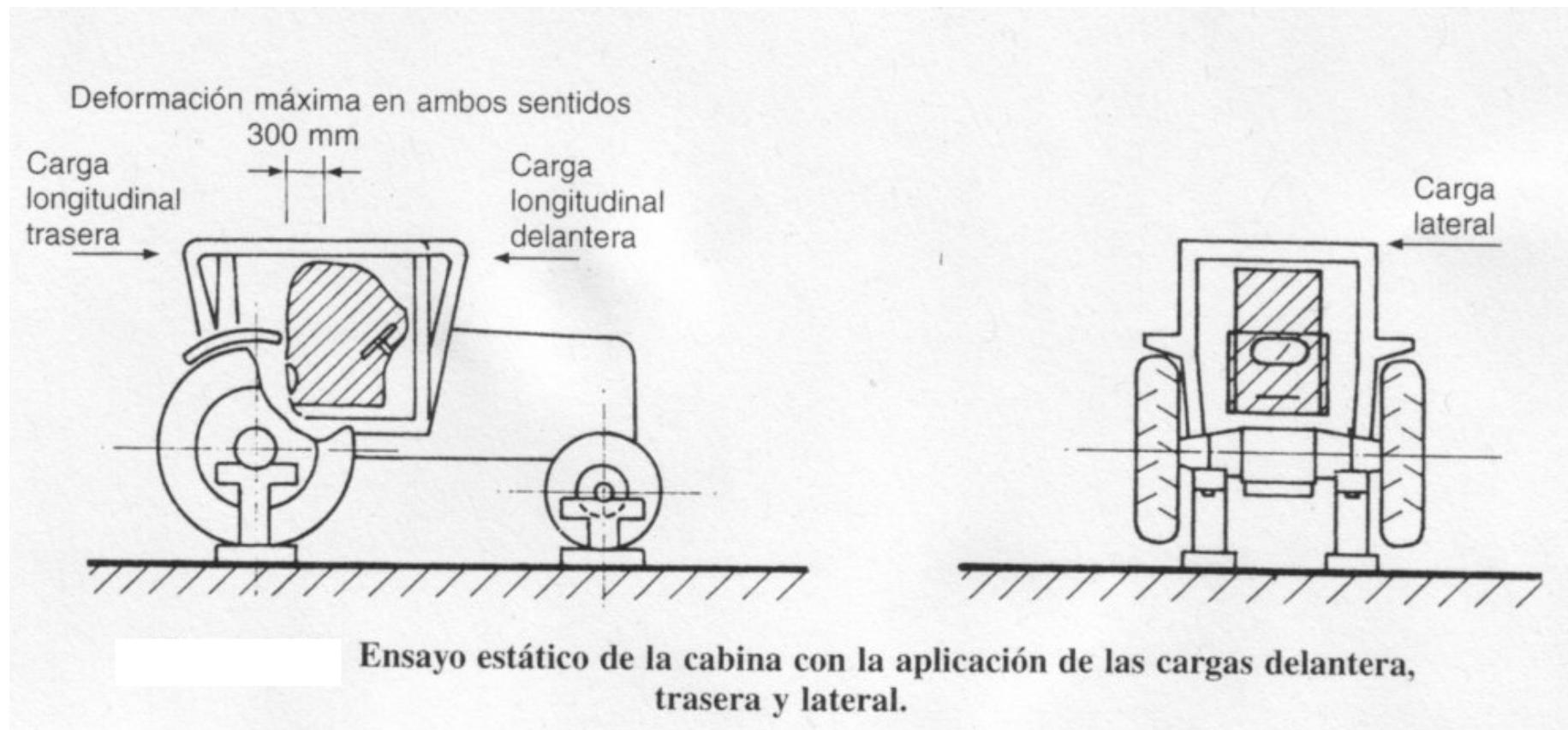


Ensayo dinámico

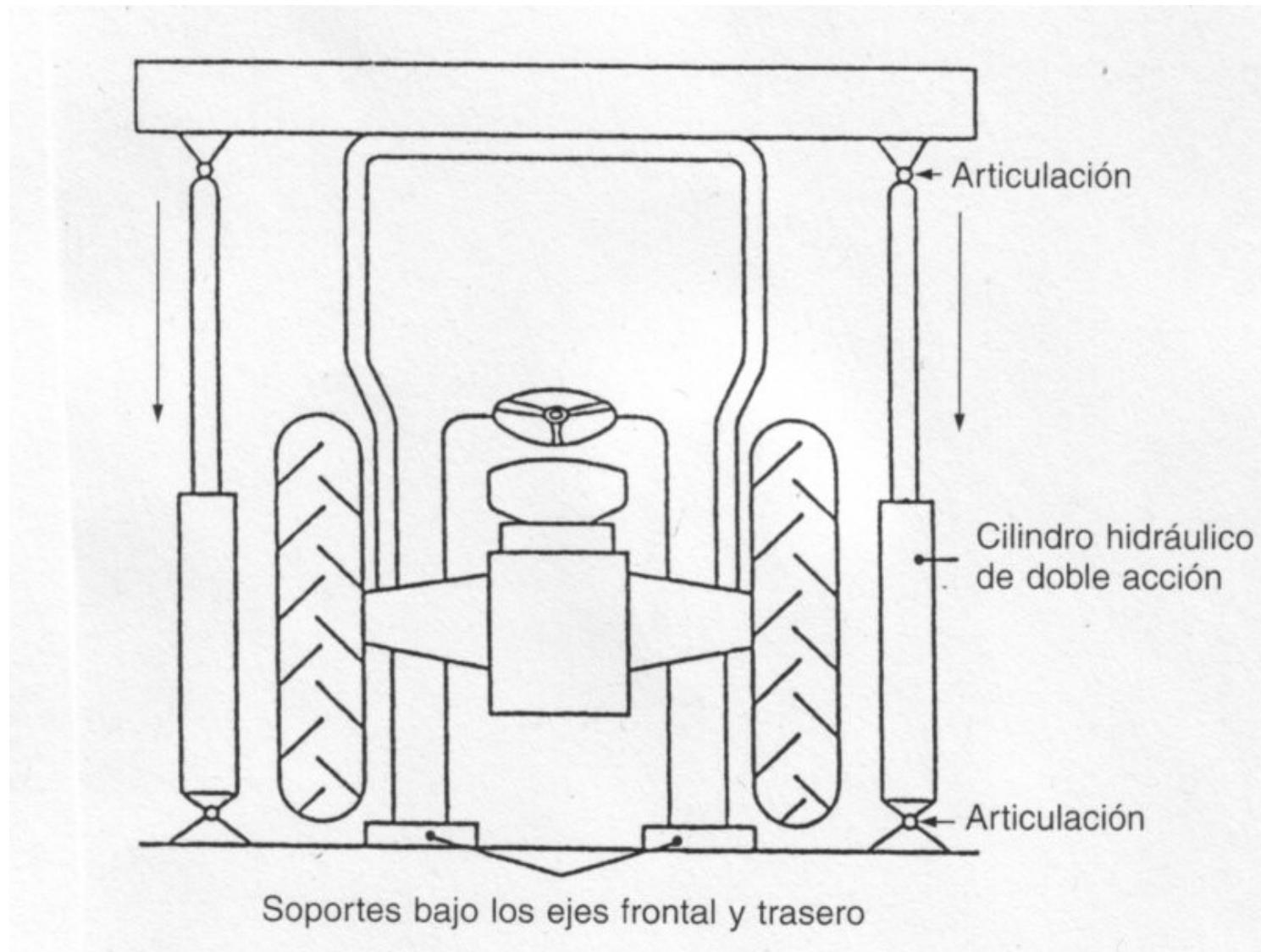
Impacto lateral



Ensayo estático



Ensayo de aplastamiento



4. Vibraciones y asiento

VIBRACIONES EN EL TRACTOR

- El tractor posee normalmente como única suspensión la ofrecida por la elasticidad de los neumáticos, que es insuficiente para absorber las sacudidas y vibraciones ocasionadas por los choques con los accidentes del terreno, con un amplio rango de frecuencias –entre 1 y 20 Hz principalmente-.

Respuesta del cuerpo humano

- Por debajo de 1 Hz, el cuerpo humano se mueve como una masa rígida, pero para frecuencias superiores nos aproximamos a las frecuencias naturales de los diversos órganos, provocando efectos de amplificación indeseable (entrar en resonancia):

en ojos: de 20 a 25 Hz

en tórax: de 4 a 6 Hz

en columna: de 3 a 5

en estómago: de 4 a 5

en mano y brazo: de 10 a 20

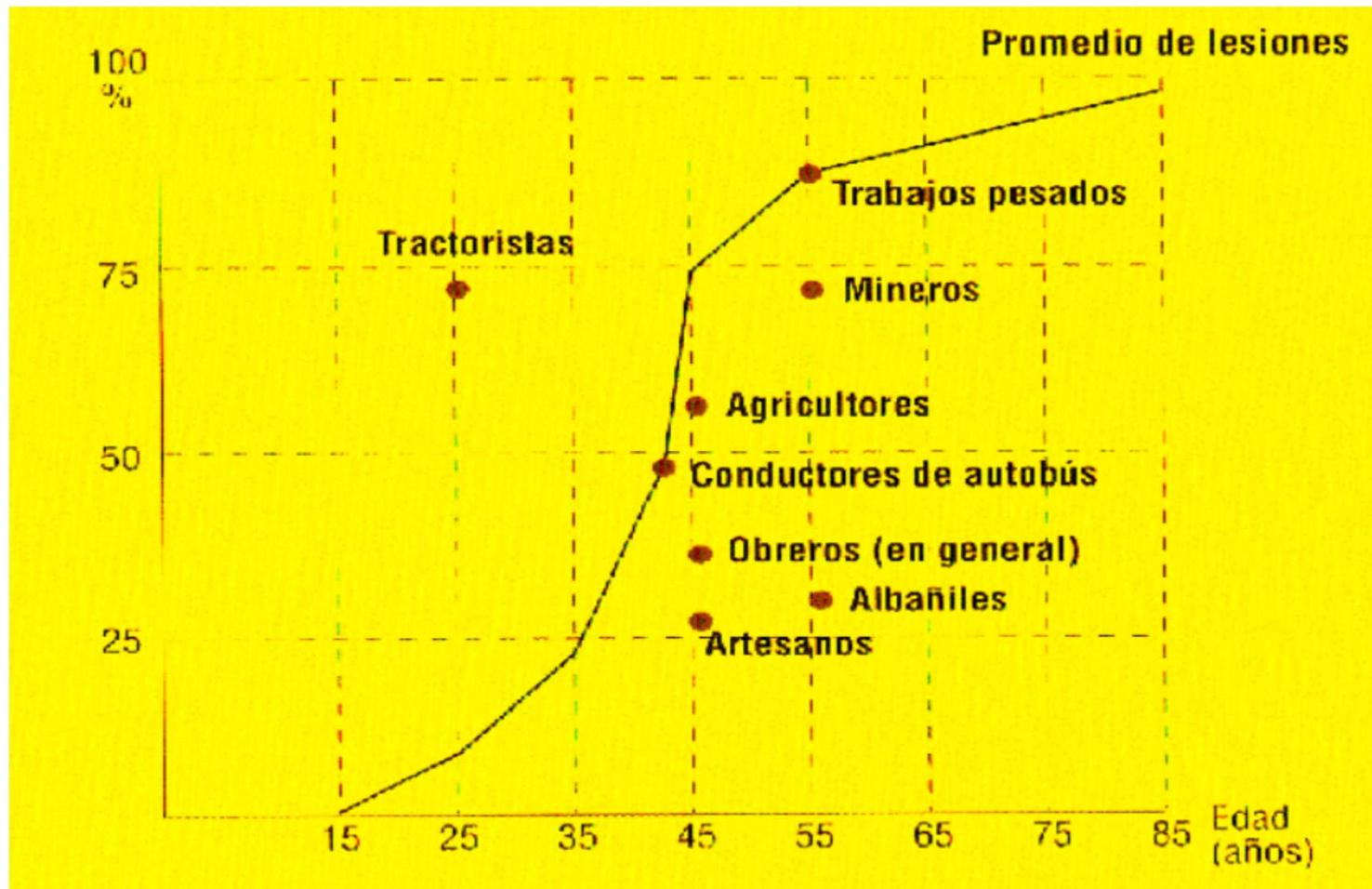
en hombro: de 2 a 6, etc..

Daños por vibraciones

El peligro no sólo radica en posibles lesiones a órganos del cuerpo humano, sino también en efectos secundarios: mala coordinación en el manejo de mandos, tiempo de reacción, fatiga, etc., que pueden ser causa de accidentes.

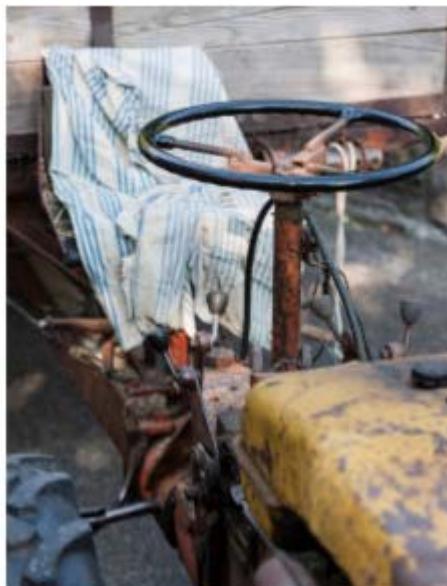
Frecuente: **Problemas de columna a largo plazo**

Frecuencia de lesiones en la columna vertebral según el tipo de trabajo



EL ASIENTO

- El asiento es el elemento esencial en el tractor para amortiguar las vibraciones indeseables, ya que al ser el órgano de enlace entre el operario y la máquina, debe, por una parte, proporcionar una posición confortable conforme a lo que exige el trabajo, y por otra, proteger al operario de las vibraciones y sus efectos.
- El marcado CE sobre el asiento quiere decir que cumple la Directiva 88/465/CEE “sobre el asiento del conductor de los tractores agrícolas”



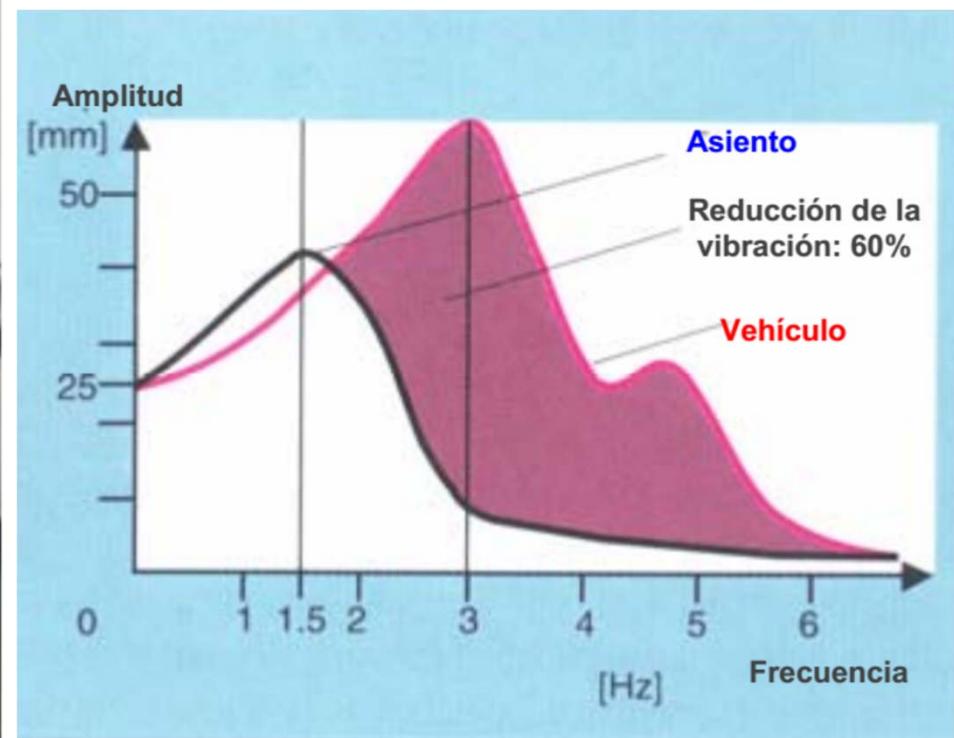


Antes



Ahora

Ensayo de asientos de tractor



- El método de ensayo de amortiguación de los asientos, exige repetibilidad. Por ello, para poder comparar resultados se ha normalizado la pista de ensayo:

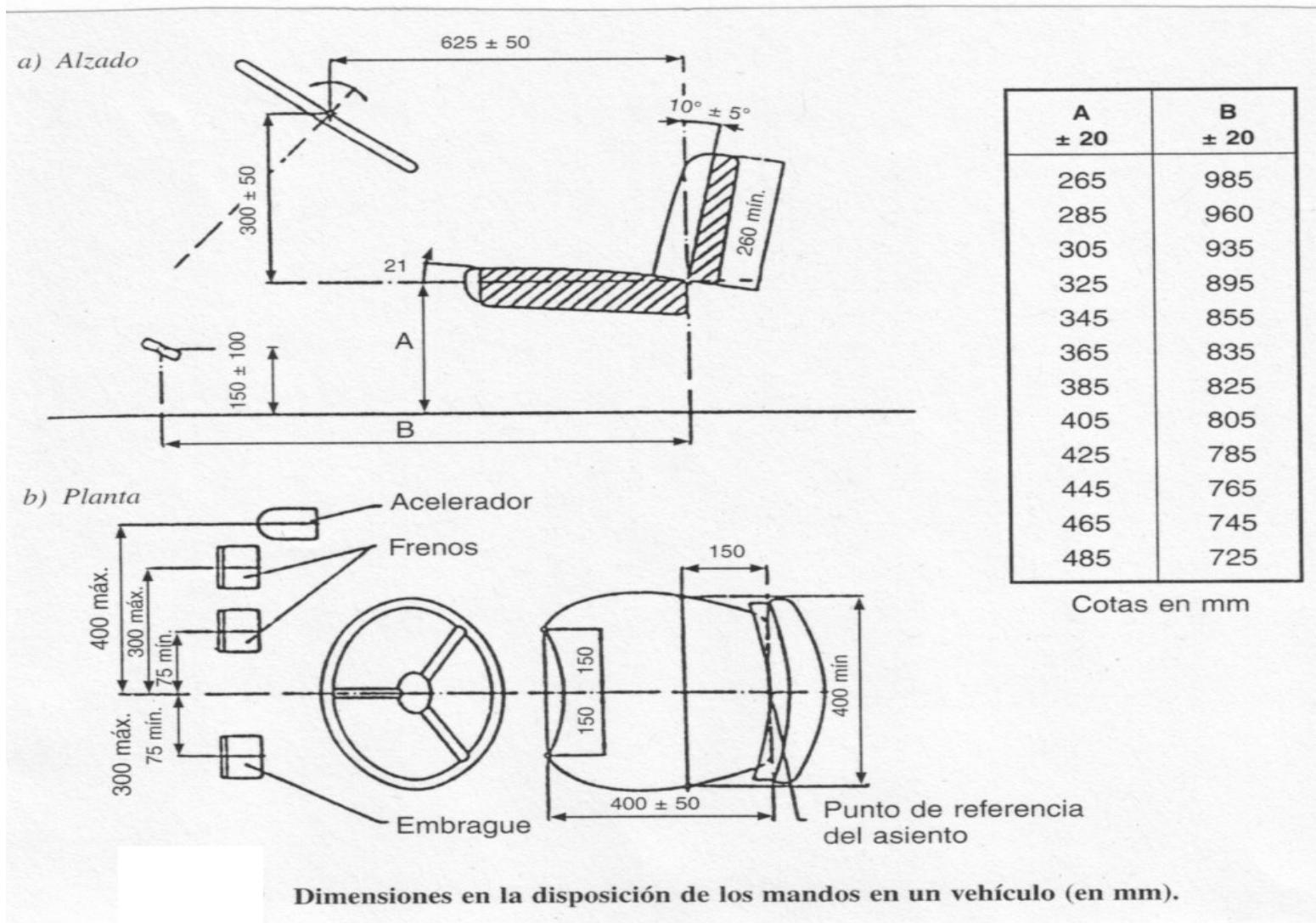
Norma ISO 5008. “Medida de las vibraciones transmitidas globalmente al conductor”, aceptada por la CE en su Directiva CEE S3/190



5. LOS MANDOS EN EL TRACTOR

- La posición de los mismos debe permitir un fácil control y manejo sin necesidad de que el operario se desplace de su posición normal de trabajo.
- Los esfuerzos en el accionamiento de los mandos deben ser tolerables
- Los pedales no deben interferir los accesos
- El control de los elementos sensibles debe hacerse mediante palancas, ya que debido a las irregularidades del terreno resulta difícil efectuar un control preciso mediante pedal.

Disposición de los mandos (norma ISO 4253)



Esfuerzo de accionamiento de mandos

Mando	Esfuerzo (N)
<i>Frenos</i>	
• Pedal	300
• Palanca	150
<i>Embragues</i>	
• Simple efecto	350
• Doble efecto	400
<i>Dirección (hidrostática-mecánica)</i>	150-400
<i>Elevador hidráulico</i>	70

6. RUIDO EN LOS TRACTORES

- Las medidas de ruido se realizan para el tractor sin lastre y sin carga mediante un sonómetro.
- Se realiza una medida a la altura del oído del tractorista y otra a una distancia de 7,50 metros del eje de marcha del vehículo
- El tractor avanza a un 85% de su potencia máxima a la barra y a la velocidad más próxima a 7,25 km/h.
- La tendencia en el diseño de los tractores modernos es limitar en ambos casos el nivel acústico a 85 dB.

Nivel acústico (dB)	Reacción humana
0	Umbral de percepción.
30-65	Valores admisibles.
65-90	Sensación desagradable.
90-120	Daños en los oídos a largo plazo.
120-160	Dolor inmediato.
>160	Rotura del tímpano.

Niveles permisibles de ruido

Duración permisible (en h/día)	Nivel de sonoridad en decibelios
8	87
6	88
4	90
3	91
2	93
1	96
1/2	99
1/4 o menos	102

Eficacia del frenado

- Según la Directiva CEE 76/432, al frenar se debe conseguir una deceleración mínima de $2,4 \text{ m/s}^2$ para tractores con velocidad máxima hasta 30 km/h y $3,2 \text{ m/s}^2$ para los que superen esta velocidad.
- Tiempo de frenado:
 $v = 40 \text{ km/h} = 11,1 \text{ m/s}$ $d = (11,1 \text{ m/s})/t$ $t = 11,1/3,2 = 3,5 \text{ s}$
- Distancia de frenado (a 40 km/h)
 $e = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t = \frac{1}{2} \cdot 11,1 \cdot 3,5 = 19 \text{ m}$
- Fuerza de frenado (para masa = 3000 kg) = $3000 \cdot 2,4 = 7200 \text{ N}$

VIDEO

<https://www.youtube.com/watch?v=xXw303MXoS0>

<https://www.youtube.com/watch?v=hqEeWlAhPxo>