



MAQUINARIA PARA LA DISTRIBUCIÓN DE ESTIÉRCOLES

Vidal Cortés, Mariano; Boné Garasa, Antonio

Laboratorio de Maquinaria Agrícola (<http://lamagri.unizar.es/>)

E.P.S. Huesca (Universidad de Zaragoza)

El estiércol producido en las explotaciones ganaderas debe ser considerado como un fertilizante aprovechable por los cultivos en producción, pues permite aportar al campo cantidades de Nitrógeno, Fósforo y Potasio que se pueden ver disminuidas en el aporte de fertilización mineral, por lo tanto, aumentando en muchos casos, la rentabilidad del cultivo.

En este sentido, la distribución de estiércol en parcela agrícola, se debe realizar, igual que se hace con un fertilizante mineral, a una dosis determinada por las necesidades del cultivo, y los contenidos de nutrientes de este estiércol.

Para ello, se está evolucionando en el diseño y equipamiento de los equipos utilizados en esta labor, los remolques distribuidores de estiércol.

Estos equipos, son normalmente arrastrados por un tractor agrícola, sin embargo, en ocasiones excepcionales, fundamentalmente donde se requiere desplazamientos a distancias elevadas para realizarlas por tractor, se utilizan equipos autopropulsados (camiones). No obstante, salvado este caso, tanto agricultores como ganaderos y gran parte de las empresas gestoras de estiércol, utilizan el equipo de remolque, por su adaptación al tráfico por parcela agrícola.

Estos remolques constan de tres sistemas componentes: Sistema de chasis y Rodadura, Sistema de almacenamiento o caja y Sistema de distribución y dosificación.

Se va a proceder en lo que sigue a la descripción de estos sistemas constituyentes que instalan los fabricantes en la actualidad, con la finalidad que los usuarios de esos



Fotografía 1. Remolque distribuidor de estiércol. Eje bogie. Compuerta cerrada.



Fotografía 2. Amortiguación de la lanza de tiro mediante ballesta transversal.

equipos conozcan las posibilidades de equipamiento que se pueden encontrar, así como realizar una regulación de los mismos para que la distribución del estiércol en campo sea correcta.

SISTEMA DE CHASIS Y RODADURA

Como chasis de remolque, estos equipos pueden venir dotados de perfiles laminados en caliente comerciales tipo

U o I. En remolque de capacidades elevadas los fabricantes incorporan perfiles de sección variable, adaptándose el canto de las mismas al esfuerzo que deben de soportar. Influye en las dimensiones del chasis el nº y disposición de los ejes de rodadura.

Así, podemos encontrarnos con remolques de un eje simple, de dos ejes tandem o bogie (Foto 1) o de ejes tridem. En los casos de ejes simples, en función de las condiciones del terreno por el que se va a desplazar el equipo, se pueden disponer remolques con neumáticos de gran diámetro (menor resistencia a la rodadura) o con neumáticos de menor tamaño, consiguiendo así remolques más estables. En estos equipos de eje simple, los largueros del chasis reciben la carga en dos puntos, los de conexión de las ballestas con él.

Para remolques de distribución de estiércol de mayor capacidad, se instalan ejes dobles, bien en formación tandem o en bogie, dando mayor estabilidad los tandem y posibilidad de sortear obstáculos de mayor altura los bogie. En el primer caso, los largueros reciben la carga en tres puntos, mientras que en el caso de eje bogie, es en un solo punto donde recibe la carga el chasis.

Tanto en el caso de ejes dobles o triples (tridem), se puede instalar una pareja de neumáticos que posean giro en función de la dirección del tractor, de forma que se disminuye el desgaste producido en los giros si no se instala este sistema. El giro de esta pareja de neumáticos se puede producir de forma automática, debido a la excentricidad de la mangueta de cada uno de ellos con el punto de contacto neumático-suelo, o de forma forzada. En este caso se detecta el giro del tractor respecto al remolque mediante un sensor mecánico o electrónico y se transmite la orden de giro a los neumáticos correspondientes. Si el giro es de forma automática se debe de desactivar tanto en circulación por vía pública como en maniobras de retroceso.

Dado que el transporte del estiércol desde explotación ganadera hasta parcela agrícola supone un coste importante de la operación de distribución de estiércol, las altas capacidades de los remolques disminuyen el coste de aplicación. Es de destacar que la circulación con estos grandes equipos por terreno agrícola conlleva una compactación del mismo bajo los neumáticos. Para minorar este efecto, se disponen de neumáticos que son

Fotografía 3. Amortiguación de la lanza de tiro mediante ballesta longitudinal.



Fotografía 4. Accionamiento oleo-hidráulico de la cadena de fondo.



capaces de soportar grandes cargas a presiones de inflado relativamente bajas. Se sabe que a menor presión de los neumáticos, menor compactación del terreno. Estos neumáticos conocidos como neumáticos de alta flotación o deformación transmiten la carga al terreno en una superficie amplia y con una intensidad regular en toda ella. Para minorar su desgaste y el consumo de combustible del tractor, se puede disponer en equipos de alta gama de sistemas que permiten variar la presión de los neumáticos, dependiendo si realizan transporte por carretera o por parcela.

Los sistemas de enganche al tractor son los normalmente utilizados en remolques de transporte de materiales a granel, es decir, bocas, anillas o esferas, con lanzas de tiro que suelen tener dispositivos de amortiguación para evitar transmitir al tractor esfuerzos elevados de inercia, provocados por los movimientos verticales del remolque debidos a las irregularidades del piso. Entre los >>>



sistemas de amortiguación destacan las ballestas, bien instaladas en el extremo posterior de la lanza de tiro (Foto 3), en su unión con el chasis, o bien en posición transversal (Foto 2), en la zona central de la lanza, apoyando sobre la parte delantera del chasis.

Para los casos de parcelas de cultivos arbóreos, en las que existe limitaciones de espacio en los finales y principios de calles, se puede disponer el punto de giro en el centro de la lanza, rigidizando la unión tractor-boca de enganche, de esta forma se minora el espacio necesario para los giros.

SISTEMA DE CAJA

Para el llenado de la caja de transporte de estiércol, se pueden utilizar distintos implementos de la pala instalada en el tractor (cazo general, horaca de estiércol, boca de carga) o realizar la carga con máquinas específicas de movimiento de tierras (Foto 9) (retroexcavadoras de distintos tamaños y capacidades)

La caja en sí tiene forma general de prisma rectangular en posición horizontal, con, en algunos casos, la base inferior de menor tamaño que la superior. Esta caja suele realizarse en la mayoría de los casos en acero laminado en caliente, con pliegues o refuerzos suplementarios para dotarla de mayor rigidez.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y DOSIFICACIÓN

La distribución del estiércol en campo, para cultivos extensivos, se realiza por proyección. Para ello en el mercado existen dos grandes tipos de distribución, los equipos que realizan la distribución por su parte delantera y los que distribuyen el estiércol desde su parte posterior, que son los más extendidos. En los primeros, un rotor de diámetro aproximadamente el ancho de la caja y rodeado de una carcasa con trampilla de salida regulable, gira respecto a su eje horizontal y por lo tanto el estiércol es lanzado en dirección cuasi tangencial al rotor. La mayor o menor abertura de la trampilla limita el alcance de proyección, que siempre es a la derecha del sentido de marcha. En este tipo de equipos de distribución delantera, el operario del tractor tiene visión directa de la proyección.

Dentro de los equipos que disponen el sistema de distribución en su parte posterior, cabe distinguir dos grandes grupos. Por un lado se comercializan remol-

Fotografía 5. Distribución de estiércol de broilers trabajando a 8 km/h. Compuerta posterior de guillotina, parcialmente abierta.



Fotografía 6. Remolque de rotor horizontal.



ques con rotores de distribución en posición horizontal (Foto 6) y por otro equipos de rotores verticales (Foto 7). Los primeros se diseñan para realizar la rotación en torno a las 300 r.p.m. y los segundos giran más rápidos, en torno a las 400 r.p.m. En ambos casos, estos rotores llevan implementados unos hilos de tornillo sin fin, en cuya periferia se anclan, bien mediante tornillería o bien mediante soldadura cuchillas que lanzan y trocean el estiércol. Es normal que los equipos de rotores verticales proyecten el estiércol a mayor distancia, si bien requieren que el solape entre pasadas consecutivas sea mayor que en el caso de rotores horizontales.

Para proyectar estiércoles con tamaño de partícula reducido (Foto 5), se disponen en la base de los rotores verticales, o debajo y detrás de los horizontales discos de distribución tipo abonadora de discos, aunque más robustos y grandes. En algunos casos se puede disponer detrás de los rotores corazas para que todo el estiércol, troceado por los rotores, sea proyectado por estos discos (Foto 5).

Así mismo, y con la finalidad de limitar la anchura de distribución, fundamentalmente para respetar distan-

cias mínimas reguladas por normativa a lugares específicos (bordes de carretera, cauces de agua, captaciones de agua potable,..) se puede disponer de compuertas para este fin, colocadas tras los rotores verticales (Foto 7).

El estiércol de la caja debe ser transportado dentro de ella hasta los rotores, para ello, las cajas disponen en el fondo de una “cinta transportadora” del estiércol. Normalmente, está compuesta por dos, tres o cuatro cadenas longitudinales unidas por travesaños. El arrastre de las cadenas mediante accionamiento oleo-hidráulico (Foto 4) hace que se vayan alimentando los rotores de estiércol. Otro sistema, utilizado fundamentalmente en remolques de distribución de estiércol polivalentes, es decir, que también se pueden utilizar para realizar otros trabajos agrícolas (por ejemplo transporte de pacas de forraje o de paja), es el de fondo móvil (Foto 7), donde el fondo de la caja está compuesto por un conjunto de lamas longitudinales que tiene movimiento alterno adelante-atrás correlativamente una con las dos siguientes.

El sistema de cadena, también utilizado en los remolques de descarga delantera, tiene la ventaja de que se puede invertir el sentido de desplazamiento de la cadena, por lo que facilita el mantenimiento del equipo y posibles reparaciones. En este sistema se dispone de una válvula reguladora de caudal de fluido oleo-hidráulico, que indirectamente regula la velocidad de desplazamiento de la cadena.

En la parte posterior de la caja se dispone de una compuerta, bien de guillotina o bien de abertura circular. Su función es triple. Por un lado, en posición cerrada (Foto 1), evita caídas de estiércol a la vía pública en transporte con remolque lleno. Por otro lado y también en posición cerrada, facilita que la entrada en carga de los rotores sea progresiva. Y en tercer lugar, parcialmente abierta (Foto 5) limita la sección de salida del estiércol, y por lo tanto el caudal del mismo que es distribuido. Para que el operario conozca la posición de abertura de esta compuerta, pueden instalarse indicadores en la parte anterior del remolque con esta finalidad.

REGULACIÓN DE LA DOSIS DE DISTRIBUCIÓN

En el proceso de regulación del equipo para aplicar una determinada dosis de estiércol en el campo, se debe de partir del conocimiento de:

Un parámetro agronómico, función del cultivo, suelo, época de aplicación, clima,...

- Dosis de nutrientes (N) que es necesario aplicar por unidad de superficie: $d(\text{kg}/\text{ha})$



Fotografía 7. Remolque de rotores verticales con limitadores de alcance laterales, compuerta posterior de guillotina totalmente abierta y fondo móvil.



Fotografía 8. Pantalla de control.

Dos parámetros caracterizadores del estiércol:

- Concentración de nutrientes (N) del estiércol por unidad de masa de éste: $c(\text{kg de N}/\text{t})$

- Densidad del estiércol a aplicar: $d(\text{kg}/\text{m}^3)$

Dos parámetros que caracterizan la aplicación:

- Anchura útil de distribución o distancia entre pasadas consecutivas, consiguiendo una distribución uniforme: $a(\text{m})$

- Velocidad de desplazamiento: $v(\text{km}/\text{h})$

Y un parámetro de remolque:

- Ancho de caja: $b(\text{m})$

Conocidos estos parámetros podemos regular el equipo para aplicar la dosis (d) necesaria, ajustando abertura de trampilla de salida (posición de la compuerta posterior de cierre: altura h) y la velocidad de la cadena transportadora (u).



La forma de proceder es la siguiente:

1.- Obtener la dosis de estiércol a aplicar:

$D(t/ha)$

$$D\left(\frac{t}{ha}\right) = \frac{d\left(\frac{kg}{ha}\right)}{c\left(\frac{kg}{t}\right)}$$

2.- Obtener el caudal de estiércol que debe de salir del remolque: $Q(t/min)$

$$Q\left(\frac{t}{min}\right) = \frac{d\left(\frac{kg}{ha}\right) \cdot a(m) \cdot v\left(\frac{km}{h}\right)}{600 \cdot c\left(\frac{kg}{t}\right)}$$

3.- Obtener la velocidad de desplazamiento de la cadena, $u(m/min)$, en función de la apertura que deja la compuerta posterior, $h(m)$

$$u\left(\frac{m}{min}\right) = \frac{Q\left(\frac{t}{min}\right) \cdot 1000}{b(m) \cdot h(m) \cdot \delta\left(\frac{kg}{m^3}\right)}$$

Para facilitar la lectura se expone un ejemplo concreto:

Se trata de regular un remolque distribuidor de estiércol conociendo estos parámetros:

- Dosis de nutrientes (N) a aplicar $d = 100 \text{ kg/ha}$
- Concentración de nutrientes (N) del estiércol $c = 20 \text{ kg de N/t de estiércol}$
- Densidad del estiércol a aplicar: $d = 500 \text{ kg/m}^3$
- Anchura útil de distribución $a = 12 \text{ m}$
- Velocidad de desplazamiento $v = 8 \text{ km/h}$
- Ancho de caja del remolque $b = 2 \text{ m}$

Con estos datos, y aplicando las expresiones anteriores, obtenemos:

1º- $D = 5 \text{ t/ha}$ de estiércol

2º- $Q = 0,8 \text{ t/min}$

3º- Si se deja la compuerta posterior 50 cm abierta ($h = 0,5 \text{ m}$), la velocidad de la cadena será: $u = 1,6 \text{ m/min}$

En toda esta exposición se han intentado utilizar unidades que tradicionalmente se utilizan por los usuarios de estos equipos.

Es decir, que con este estiércol y remolque del ejemplo, realizando la distribución homogénea con pasadas cada 12 m y a 8 km/h, abriendo la compuerta 50 cm y dando a la cadena una velocidad de 1,6 m/min, se estaría aplicando 5 t/ha de este estiércol en particular, es decir, 100 kg de N/ha.

En el caso de que el usuario cambiara la velocidad de aplicación, manteniendo la apertura de compuerta y velocidad de cadena, la dosis de estiércol aplicada, y por

Fotografía 9. Proceso de carga con retroexcavadora desde estercolero.



lo tanto de nutrientes, disminuiría.

Por el contrario, si se aumenta la velocidad de la cadena, manteniendo la apertura de la compuerta y la velocidad de circulación, la dosis de estiércol aumentaría. Este mismo efecto se conseguiría si se aumenta la apertura de la compuerta, manteniendo constantes las otras dos variables.

En las gamas altas de los remolques distribuidores de estiércol se puede implementar sistemas de control automatizados (Foto 8). En estos casos, aportando al sistema los parámetros agronómicos, las características del estiércol, la anchura útil de trabajo, la altura de apertura de la compuerta y el ancho de la caja del remolque, se regula automáticamente la velocidad de la cadena para aportar la dosis de nutrientes establecida. Para ello, se dotan a los remolques de sensores de velocidad de circulación mediante radar o GPS y de carga, con la finalidad, este último de aportar dato real de caudal de estiércol distribuido. Con estos datos, el sistema obtiene la dosis de nutrientes aplicada y actúa sobre la regulación del motor oleo-hidráulico de accionamiento de la cadena para adaptarla a la dosis de nutrientes establecida.

CONCLUSIONES

El usuario de remolques distribuidores de estiércol dispone en el mercado de multitud de modelos con diferentes equipamientos para adaptarse a la mayoría de las explotaciones. Es importante en la utilización de estos equipos, conocer las características del estiércol manejado, de forma que se pueda realizar una regulación óptima del remolque y obtener de la aplicación de este producto una fertilización conocida en nuestro cultivo, lo que podrá producir un aumento de la rentabilidad del mismo.