

ANEJO Nº 6

DISTRIBUCIÓN Y

DOSIFICACIÓN

Índice de contenidos:

| | | |
|------|---|----|
| 1. | DISTRIBUCIÓN DEL PURÍN POR LOS TUBOS FLEXIBLES. | 3 |
| 1.1. | Elección del distribuidor..... | 3 |
| 1.2. | Definición del ancho de trabajo del aplicador. | 4 |
| 1.3. | Elección de la separación de las conducciones. | 4 |
| 2. | COMPROBACIÓN DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ESCOGIDO..... | 5 |
| 2.1. | Comprobación de la sección. | 5 |
| 2.2. | Comprobación de las velocidades en las tuberías. | 6 |
| 2.3. | Conclusiones. | 10 |
| 3. | PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA DOSIFICACIÓN..... | 11 |
| 3.1. | Conversión de la dosis de purín a aportar | 11 |
| 3.2. | Determinación del caudal de dosificación. | 12 |

Índice de Tablas:

| | |
|--|----|
| TABLA 1: CARACTERÍSTICAS DISTRIBUIDOR. | 3 |
| TABLA 2: DISTRIBUCIÓN DEL ANCHO DE TRABAJO DEL APLICADOR | 4 |
| TABLA 3: RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DE LAS COMPROBACIONES. | 10 |
| TABLA 4: DATOS DE PARTIDA PARA EL CÁLCULO DE LA DOSIFICACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN CON PURÍN. | 11 |

1. DISTRIBUCIÓN DEL PURÍN POR LOS TUBOS FLEXIBLES.

En este apartado se va a definir la distribución del purín por todos los tubos flexibles, con ello se definirá el ancho de trabajo ideal, el número de tubos que son necesarios,...etc.

Pero hay que tener en cuenta que en este aplicador es necesaria la utilización de una herramienta, un distribuidor triturador, el cual picara los materiales más voluminosos para evitar atascos en los tubos y además hará un reparto homogéneo del líquido por ellos.

Teniendo en cuenta que este componente está en el mercado y se adquirirá según la oferta que mejor se adapte del catálogo. Este es un elemento principal de la distribución y condiciona el resto del diseño.

Por ello el diseño del esquema de distribución y el ancho de trabajo se va a hacer respecto a este componente.

1.1. Elección del distribuidor.

Primeramente aclarar que se va a hacer un equipo aplicador de dimensiones medias-pequeñas de ancho de trabajo con el fin que sea compatible con la mayoría de las cisternas. De esta manera el equipo se podrá montar en las cisternas de capacidad y tamaño más reducido y por supuesto en las grandes que cuentan con mayor longitud total.

Como el sistema de plegado se hace sobre los laterales de la cisterna, el ancho de trabajo del aplicador queda condicionado por la longitud de la propia cisterna.

Otro elemento que lo condiciona es la homologación del vehículo, ya que para no tener que modificar su tarjeta solo se permite una prolongación de 75cm máximo en su parte trasera. Esto hace que el tamaño sea reducido y también su peso esto nos encamina hacia la colocación de un único repartidor.

El distribuidor escogido para anchos de trabajos reducidos es uno de los más contenidos en cual tiene las siguientes características:

Tabla 1: Características distribuidor.

| Características distribuidor | |
|------------------------------|----------------|
| Marca | Vogelsang |
| Modelo | ExaCut ETX |
| Nº salidas | 20+20 |
| Diámetro salidas | 40mm |
| Eje | Excéntrico |
| Cuchillas de corte | 2 |
| Motor | Oleohidráulico |

Fuente: Elaboración propia.

Una vez presentado esto, ya se conocen el número de salidas que proporciona el equipo distribuidor 20 por cada cara. Este se va a colocar en el centro de la estructura con los cual se

dirigirán 20 salidas para cada ala del aplicador. El diámetro de las conducciones de salida es de 40mm, según las salidas del equipo distribuidor las cuales se van a mantener.

1.2. Definición del ancho de trabajo del aplicador.

Ahora hay que definir la anchura de trabajo tipo del equipo aplicador, la cual estará condicionada como se citó con anterioridad del sistema de plegado y las dimensiones de transporte.

La mayoría de las cisternas de tamaño medio tienen una longitud superior a 4m por lo tanto, la longitud de cada brazo plegado lateralmente sobre la cisterna es de 4m a cada lado. Como las cisternas de tamaño medio tiene una anchura de eje por norma general superior a 2m, el ancho del cuerpo central del equipo aplicador va a ser de 2m.

Por lo tanto si se suma la anchura de los dos brazos plegados lateralmente y del cuerpo central hacen un ancho de trabajo de 10m en total.

Tabla 2: Distribución del ancho de trabajo del aplicador

| Distribución ancho de trabajo | |
|-------------------------------|-----|
| Brazos laterales | 4m |
| Cuerpo central | 2m |
| Total | 10m |

Fuente: Elaboración propia.

Con todo esto definido ahora hay que definir la separación a la que se van a disponer los tubos flexibles. Hay que buscar la colocación que permita una idónea distribución del purín sobre la superficie del terreno.

1.3. Elección de la separación de las conducciones.

Llegados a este punto hay que definir la separación de las conducciones, pero como hay varios factores que ya están definidos anteriormente. Por requisitos de catálogo el número de salidas y por características constructivas de los vehículos la anchura de trabajo. Que son 40 salidas en total 20 en cada cara y un ancho de trabajo de 10m.

La distribución de las conducciones va a ser uniforme, por ello:

$$\text{Separación conducciones (m)} = \frac{\text{ancho trabajo (m)}}{N^{\circ} \text{ salidas}}$$

$$\text{Separación conducciones (m)} = 10 \text{ m} / 40$$

$$\text{eparación conducciones} = 0,25 \text{ m}$$

La separación de las conducciones sobre la superficie del suelo va a ser de 25 cm entre ellas.

2. COMPROBACIÓN DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ESCOGIDO.

Para evaluar a groso modo si el equipo propuesto en el apartado anterior cumple con los requisitos de caudal de la tipología general de cisternas se van a ejecutar una serie de cálculos estimativos a continuación.

Para poder llevar acabo estos cálculos superficiales de comprobación se necesitan unos datos de partida. Estos datos de partida tienen que ser representativos de la tónica general de cisternas de nuestra comunidad, para ello se ha recurrido a unos datos que proporciona el ministerio.

Para ello se ha consultado la plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero el apartado de cisternas o cubas esparcidoras de purín. En este documento se define una capacidad de descarga en campo común de 1-1,5 m³/min.

2.1. Comprobación de la sección.

La mayoría de las cisternas cuentan en su parte trasera con una compuerta tanto de entrada como de salida de 150mm de diámetro las más comunes o 200mm.

Esta salida define la capacidad de descarga en campo de la cisterna, y como a esta se van a conectar los diferentes tubos flexibles a través del distribuidor estos tienen que cumplir las necesidades de descarga de la compuerta.

Para evaluar si pudiera existir algún problema que dificultase la evacuación del líquido, porque los tubos no dieran abasto a la salida de la cuba se propone el siguiente procedimiento:

En este caso la situación más desfavorable se da cuando la salida es la más amplia, la de 200mm con la que se hace el cálculo.

Para que no se causen retenciones y sobrepresiones que pudieran deteriorar la instalación como mínimo la sección de salida debe ser semejante a la sección que suman todos los tubos.

$$\text{Sección de salida} \geq \sum \text{Sección tubos}$$

Se define sección como el área de la tubería, que en este caso es:

$$\text{Sección (mm}^2\text{)} = \pi \cdot ((R(\text{mm}))^2)$$

Para el caso más desfavorable, la salida de 200mm de diámetro es:

· Radio \Leftrightarrow 10 mm

$$Sección (mm^2) = \pi \cdot ((100)^2)$$

$$Sección (mm^2) = 31415,9$$

La sección es de 31.415,9 mm² o mejor 0,03141 m².

Ahora hay que definir la sección que suman todos los tubos flexibles para evaluar si hay problemas, para ello:

· Diámetro de los tubos flexibles \Leftrightarrow 40 mm

· Radio de los tubos flexibles (R) \Leftrightarrow 20mm

· Numero de tubos conectados (Nº) \Leftrightarrow 40 Ud.

Con esto:

$$\sum Sección tubos (mm^2) = \pi \cdot ((R(mm))^2) \cdot N^{\circ}$$

$$\sum Sección tubos (mm^2) = \pi \cdot (20^2) \cdot 20$$

$$\sum Sección tubos (mm^2) = 50265,5$$

Por lo tanto la sección de todos los tubo alcanza un valor de 50.265,5 mm² o mejor 0,05027 m².

Por lo tanto:

$$0,0314 m^2 \lesssim 0,0503 m^2$$

Se cumple y aun así deja margen suficiente de seguridad, por lo tanto no tendría que ocasionarse ningún problema por este aspecto para la compuerta de salida de 200mm y mucho menos para la de 150mm que tiene requisitos menores.

2.2. Comprobación de las velocidades en las tuberías.

Se pueden estudiar las velocidades de las conducciones ya que es otro de los elementos que condicionan el caudal. Evaluando la velocidad a la que circula el purín por los tubos se podrá analizar la posibilidad de suceder algún tipo de problema desde el punto de vista teórico.

Como punto de partida en dos conducciones de diferente sección como es en este caso los caudales son iguales en la conducción uno que en la conducción dos, lo que varía es la velocidad y la sección.

$$Q_1 = S_1 \cdot V_1 = Q_2 = S_2 \cdot V_2$$

Partiendo de esta relación el caudal en la compuerta a la salida de la cisterna debe ser el mismo que en la suma de todas las conducciones flexibles. Una observación: En este cálculo estimativo no se tienen en cuenta las pérdidas de carga que se dan en las conducciones ya que solo se intenta hacer una comprobación básica y además definir los valores de las pérdidas de carga localizadas es muy complicado en una conducción de estas características. En este caso no se busca una optimización de la instalación ni mantener valores de presión sino simplemente distribuir en la superficie el líquido, por lo tanto no es necesario.

Caudal a la salida:

Como se ha reflejado líneas atrás en el encabezamiento del apartado dos la capacidad máxima general de las cisternas típicas en la comunidad es de $1,5 \text{ m}^3/\text{min}$. Por lo tanto el caso más desfavorable se da con un caudal de:

$$Q_1 = 1,5 \text{ m}^3/\text{min} = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se define sección como el área de una conducción en este caso como es circular:

$$S = \pi \cdot R^2$$

Siendo:

· $R \Leftrightarrow$ Radio de la conducción.

Sección de la compuerta de salida:

SECCIÓN 150mm:

· Diámetro más común y utilizado 150mm.

· Radio (R) \Leftrightarrow 75 mm

$$S(\text{mm}^2) = \pi \cdot (75\text{mm})^2$$

$$S(\text{mm}^2) = 17671,46$$

La sección de la compuerta de 150mm es de salida es de $17671,46 \text{ mm}^2$ o mejor $0,0177\text{m}^2$.

SECCIÓN 200mm:

· Diámetro 200mm.

· Radio (R) \Leftrightarrow 100 mm

$$S(\text{mm}^2) = \pi \cdot (100\text{mm})^2$$

$$S(\text{mm}^2) = 31415,93$$

La sección de la compuerta de salida de 200mm es de $31415,93 \text{ mm}^2$ o mejor $0,03142\text{m}^2$.

Sección de un tubo flexible:

- Tubo utilizado 40, diámetro 40mm.
- Radio (R) \Leftrightarrow 20 mm

$$S(mm^2) = \pi \cdot (20mm)^2$$

$$S(mm^2) = 1256,64$$

La sección de la compuerta de salida es de 1256,64 mm² o mejor 0,00126m².

Velocidades:

Con estos datos ya aclarados se va a definir la velocidad del líquido a la salida de la cisterna por la compuerta, para ello se parte de la siguiente expresión sustraída de la ecuación reflejada líneas atrás en este mismo apartado.

$$Q_1 = S_1 \cdot V_1$$

Por lo tanto como el resto de valores ya se han definido anteriormente.

DIÁMETRO DE 150mm:

Siendo:

- $S_1 \Leftrightarrow$ Sección a la salida, 0,0177m².
- $Q_1 \Leftrightarrow$ Caudal de salida común según el ministerio, 0,025 m³/s.

$$V_1(m/s) = \frac{Q_1(m^3/s)}{S_1(m^2)}$$

$$V_1(m/s) = \frac{0,025(m^3/s)}{0,0177(m^2)}$$

$$V_1(m/s) = 1,415$$

Por lo tanto la velocidad del líquido a la salida de la compuerta de 150mm es de 1,415 m/s.

DIÁMETRO DE 200mm:

Siendo:

- $S_1 \Leftrightarrow$ Sección a la salida, 0,03142m².
- $Q_1 \Leftrightarrow$ Caudal de salida común según el ministerio, 0,025 m³/s.

$$V_1(m/s) = \frac{Q_1(m^3/s)}{S_1(m^2)}$$

$$V_1(m/s) = \frac{0,025(m^3/s)}{0,03142(m^2)}$$

$$V_1(m/s) = 0,7958$$

Por lo tanto la velocidad a la salida de la compuerta de 200mm es de 0,7958 m/s.

Definido esto, ya se puede calcular la velocidad que lleva en líquido en cada uno de los 40 tubos que salen del colector.

Como se explicó anteriormente el caudal se mantiene constante al cambiar el diámetro de las secciones por ello.

$$Q_1 = Q_2$$

Pero la conducción dos está formada por 40 tubos que funcionan como una sola supuestamente, por ello el caudal de un único tubo (Q_{2T}) es:

$$Q_{2T} = \frac{Q_2}{N^o}$$

Siendo:

- $N^o \Leftrightarrow$ Numero de tubos, en este caso el distribuidor tiene 40 conexiones.
- $Q_2 \Leftrightarrow$ Caudal a la salida definido anteriormente, es de $0,025 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$Q_{2T} (m^3/s) = \frac{0,025 \text{ m}^3/s}{40}$$

$$Q_{2T} (m^3/s) = 0,00063$$

El caudal de un único tubo es de $0,00063 \text{ m}^3/\text{s}$.

Con esto ya se puede definir la velocidad que tiene el líquido por dicho tubo, debido a que se conoce su sección.

Por lo tanto siguiendo la misma fórmula que para definir la velocidad en la compuerta de salida:

$$V_{2T}(m/s) = \frac{Q_{2T}(m^3/s)}{S_{2T}(m^2)}$$

Siendo:

- $V_{2T} \Leftrightarrow$ Velocidad del líquido en un tubo flexible en m/s.
- $Q_{2T} \Leftrightarrow$ Caudal de un único tubo flexible en m^3/s , en este caso $0,00063 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $S_{2T} \Leftrightarrow$ Sección de un tubo flexible en m^2 , en este caso $0,00126\text{m}^2$.

Por lo tanto:

$$V_{2T}(m/s) = \frac{0,00063(m^3/s)}{0,00126 (m^2)}$$

$$V_{2T}(m/s) = 0,497$$

Por ello la velocidad del líquido en un solo tubo es de 0,497 m/s.

2.3. Conclusiones.

A modo de resumen se presentan los resultados de los cálculos en la siguiente tabla:

Tabla 3: Resultados de los cálculos de las comprobaciones.

| Resultados de los cálculos | |
|--|-----------|
| Sección de la compuerta de 200mm | 0,0177 m2 |
| Sección de todos los tubos flexibles | 0,0503 m2 |
| Velocidad del líquido a la salida de la compuerta de 150mm | 1,415 m/s |
| Velocidad del líquido a la salida de la compuerta de 200mm | 0,796 m/s |
| Velocidad liquido en un único tubo | 0,497 m/s |

Fuente: Elaboración propia.

Primeramente comentar el resultado del análisis de las secciones. Como se aprecia en los resultados la sección que suman en total los 40 tubos es mayor que la sección de la compuerta de la cisterna más desfavorable, que es la de 200mm. Esto permite dar salida a todo el material que evacua la compuerta y evitar problemas de atascos y sobrepresiones, además al ser mayor la de los tubos da un margen suficiente.

Segundo analizar el resultado del análisis de las velocidades. Se puede ver que tanto en la compuerta de 150mm como en la de 200mm la velocidad es mayor en este punto que en los tubos flexibles de 40mm.

Situación la cual no debería ser común ya que al disminuir una sección y mantener constante el caudal la velocidad debe aumentar. Esto ocurre en el caso de los dos diámetros distintos de la compuerta, con la compuerta de 150mm aumenta la velocidad respecto a la de 200mm al ser de menor diámetro, que es lo común.

Pero el caso de los tubos flexibles es especial, debido a que al sumar sus áreas la sección resultante es mayor que el diámetro de la compuerta de salida. Este aumento de sección propicia una bajada considerable de la velocidad en cada uno de los tubos flexibles, he ahí la explicación de esta situación.

Finamente después del análisis y explicar todas las conclusiones se puede decir que el dimensionamiento y el diseño es el correcto.

3. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA DOSIFICACIÓN

En este apartado se va a plantear un ejemplo concreto de dosificación de los purines en una parcela. El planteamiento que en estas líneas se presenta se podrá aplicar a muchos otros casos con características similares y valores de fertilización distintos.

Para ejecutar este ejercicio de dosificación se van a tomar los valores ya definidos y calculados en el anejo del estudio agronómico en su quinto apartado y concretamente para el caso del trigo.

3.1. Conversión de la dosis de purín a aportar

La dosis de purín a aportar por parcela que se va a tomar pertenece al ejemplo calculado para el apartado citado, pero para facilitar las operaciones el cálculo y la comprensión esta se redondea.

Los datos de partida para el cálculo se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4: Datos de partida para el cálculo de la dosificación de la fertilización con purín.

| Datos de partida | |
|------------------------------|-------|
| Densidad purín CyL (kg/l) | 1,015 |
| Dosis purín definida (kg/ha) | 21000 |
| Dosis purín definida (l/ha) | 20700 |
| Ancho de trabajo (m) | 10 |
| Velocidad de trabajo (km/h) | 4 |

Fuente: Elaboración propia.

La dosis de purín a aportar por parcela se ha redondeado a 21 t/ha. Para convertir este valor en litros, que es lo que comúnmente el ganadero y agricultor trabajan en campo debido a que conocen la capacidad total de sus cisternas en litros, es necesaria la densidad del purín típico en Castilla y León. El dato de densidad se ha sustraído de un libro como se explica en el anejo del estudio agronómico.

Para la conversión:

$$Dosis\ purin\ (l/ha) = Dosis\ purin\ (kg/ha) / Densidad\ purin\ (kg/l)$$

$$Dosis\ purin\ (l/ha) = 21000\ (kg/ha) / 1,015\ (kg/l)$$

$$Dosis\ purin\ (l/ha) = 20.689,66$$

La dosis de purín en litros necesaria por lo tanto es de 20.689,66 l/ha que se redondea a 20.700 l/ha para facilitar el cálculo y el trabajo con volúmenes en campo.

Una vez se tiene clara la dosis a aportar hay que definir distribución en parcela.

3.2. Determinación del caudal de dosificación.

Para que la distribución en parcela sea lo más correcta y homogénea posible hay que aportar en toda la superficie la misma cantidad de purín. Actualmente en los casos en los que se tienen mapas georreferenciados de las parcelas con su riqueza y producciones, y los equipos apropiados esto se está dejando de hacer así, y se aporta más en las zonas donde más se necesita. Pero en este caso se va a seguir el sistema tradicional ya que en la mayoría de los casos no se tiene esta información ni estos equipos.

Esto se consigue manteniendo un caudal de purín y velocidad constantes adaptados a cada caso, para ello:

$$Q \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{D \cdot a \cdot V}{36}$$

Siendo:

- $Q \Leftrightarrow$ Caudal de purín en l/s.
- $a \Leftrightarrow$ Ancho de trabajo en m, en este caso el dato es de 10m
- $V \Leftrightarrow$ Velocidad de avance de trabajo del tractor en km/h, en este caso es de 4km/h.
- $D \Leftrightarrow$ Dosis de purín a aportar en m³/ha.

Esta comúnmente se trabaja en litros como se ha reflejado líneas atrás, para convertirla se hace lo siguiente:

$$Dosis \left(\frac{m^3}{ha} \right) = \frac{Dosis \left(\frac{l}{ha} \right)}{1000}$$

En este caso:

$$Dosis \left(\frac{m^3}{ha} \right) = \frac{20700 \left(\frac{l}{ha} \right)}{1000}$$

$$Dosis \left(\frac{m^3}{ha} \right) = 20,7$$

Por lo tanto se va a aportar una dosis de 20,7 m³ por hectárea.

$$Q \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{20,7 \frac{m^3}{ha} \cdot 10 \text{ m} \cdot V \frac{km}{h}}{36}$$

$$Q \left(\frac{l}{s} \right) = 23$$

Por lo tanto el caudal de distribución del equipo se tendrá que ajustar a este valor, para ello habrá que ajustar al sistema de dosificación pertinente para que se acerque a este valor.

En muchos casos habrá que hacer varias pasadas contabilizando el tiempo y pesando o midiendo el contenido que aún queda en la cuba y de esta manera restándolo conocer lo que se ha distribuido. Este procedimiento habrá que efectuarle varias veces sucesivas hasta dar con la graduación buscada.

Otra manera de hacer la dosificación es jugar con la velocidad de trabajo ya que es una de las variables principales que tiene, esta será la opción escogida en las cubas que no tengan medios para dosificar este caudal y trabajen a uno fijo.

Otra opción es la de jugar con las revoluciones del tractor y la Tdf, ya que variara de este modo las revoluciones del eje de la bomba de la cisterna.