

GRANDES CULTIVOS.COM REALIZÓ LA PRIMERA PRUEBA DE CAMPO EL PASADO 15 DE ABRIL EN ZARAGOZA CON EL PULVERIZADOR HIDRÁULICO UF-1801 DE AMAZONE

PULVERIZADOR AMAZONE UF-1801: ELECTRÓNICA Y FLUIDO PARA UN TRATAMIENTO DE CALIDAD

/ M. Vidal, A. Boné, A. Jiménez Laboratorio de Maquinaria Agrícola, Escuela Politécnica Superior. Huesca

En este artículo damos a conocer la prueba de campo realizada a un pulverizador hidráulico Amazone, modelo UF-1801, con barra de pulverización de 28 metros, suspendido al tercer punto del tractor (Fotos 1 y 14). La prueba se llevó a cabo el 15 de abril de 2016 en una parcela agrícola del término municipal de Villanueva de Gállego (Zaragoza), asistiendo a la misma personal técnico del importador y distribuidor para España de la marca, Deltacincinco, del concesionario de la zona, Lomaq Maquinaria, y técnicos del Laboratorio de Maquinaria Agrícola de la Escuela Politécnica Superior de Huesca (Universidad de Zaragoza). El pulverizador objeto de la prueba fue el modelo mencionado con anterioridad, fabricado en 2014 y comercializado en 2015, que a fecha del ensayo llevaba las boquillas originales y había trabajado del orden de 3.500 ha, distribuido 720.000 litros de producto en un total de 150 horas, según los datos almacenados en la unidad de control y gestión del mismo, es decir, con valores medios de capacidad de trabajo de 23,5 ha/h y dosis medias de aplicación de 206 l/ha.



Foto 1. Equipo en posición de transporte.

| Propiedad | Valor |
|------------------------------|-------|
| Volumen nominal depósito (l) | 1980 |
| Volumen máximo depósito (l) | 1800 |
| Peso en vacío (kp) | 1318 |
| Longitud (m) | 1,85 |
| Altura (m) | 2,90 |
| Anchura (m) | 2,40 |

Tabla 1. Características del pulverizador UF-1801 con barra Super-S de 28 m.

El pulverizador posee unas características físicas indicadas en la tabla 1, aportadas por el fabricante, y fue accionado por un tractor de la marca JCB, modelo Fastrac 4220, que ofrece una potencia nominal de 162 kW (a t.d.f. 145 kW) y un par máximo de 950 mN. En la parte superior y posterior de la cabina se instaló una antena de señal GPS.

Equipamiento de los distintos sistemas componentes

En cuanto al chasis, el pulverizador está dotado de un enganche tripuntal rápido, que permite disponer de espacio suficiente para realizar con comodidad las conexiones de t.d.f., oleohidráulicas y eléctricas, en un primer momento, y posteriormente acoplar el pulverizador próximo al tractor, minorando el desequilibrio de cargas en los ejes del tractor. Todo el chasis está fabricado de acero laminado y tratamiento de pintura anticorrosión.

El depósito manifiesta un estudiado diseño, con radios de curvatura que buscan facilitar la agitación del producto y dimensiones, que para el volumen del mismo, consiguen disponer del centro de gravedad próximo al tractor, así como un vaciado casi total del producto. El depósito va dotado de un doble indicador de nivel

(Foto 2). Por un lado lleva incorporado un indicador de nivel semicircular de accionamiento por flotador, y por otra parte, un indicador digital en la pantalla de mando en cabina de tractor. La señal para este último la toma mediante un sensor instalado en el propio eje de rotación del indicador semicircular. En la parte anterior del depósito principal y al lado derecho, se encuentra el depósito de agua limpia, de donde aspira la bomba para realizar la limpieza interna del equipo, de 180 litros de capacidad.



Foto 3. Bomba de impulsión de 6 membranas.



Foto 2. Indicador de nivel. Analógico y conexión para digital.

Como sistema de impulsión el pulverizador UF-1801 está dotado de una bomba COMET de 6 membranas (Foto 3), que accionada por la t.d.f. del tractor a 540 rpm, consigue unas prestaciones máximas de 20 bar de presión (248 l/min) y 265 l/min de caudal a salida libre. Para facilitar las labores de mantenimiento de la bomba, el indicador de nivel de aceite del cárter de la misma y punto de reposición del mismo se encuentra en la parte delantera del pulverizador, fácilmente visible desde el puesto de conducción y también muy accesible pie en suelo. En el circuito de impulsión se ha intercalado una válvula de seguridad tarada a 9,5 bar.

Toda la valvulería de mando necesaria para seleccionar la función del pulverizador se encuentra en el lado izquierdo del pulverizador, situada de forma totalmente accesible para el operario y muy intuitiva (Foto 4). Esto lo demuestra la incorporación de dos válvulas de varias vías, una de ellas en la que se selecciona de qué elemento aspira la bomba (depósito principal, incorporación de producto, agua limpia, vaciado a presión o limpieza cubeta filtro) y otra donde se selecciona a dónde impulsa el fluido la misma bomba (pulverización, limpieza interior, llenado a presión e incorporación de producto). Así mismo en el propio panel de mando, se encuentra situada una válvula adicional con dos funciones, por un lado permite seleccionar el grado de intensidad del sistema de agitación hidráulica, y por otro permite realizar un vaciado del filtro de impulsión. Acompañando a la valvulería se encuentra una tabla con la indicación de la posición de las distintas válvulas para cada operación. Las bocas de conexión para llenado de producto (por ejemplo abono líquido), agua y vaciado se encuentran próximas a este cuadro de mando. Por la parte superior de este cuadro se encuentra el depósito de agua limpia, estratégicamente situado, puesto que es más probable que las salpicaduras alcancen al operario en el momento de la manipulación del producto para su incorporación.



Foto 4. Cuadro de mandos. Intuitivo y accesible.

Para la incorporación del producto fitosanitario al depósito principal, el UF-1801 está dotado de un depósito de 40 l de capacidad, albergado bajo el depósito principal y fácilmente extraíble para la acción de incorporación, con sus correspondientes válvulas, y situado junto al cuadro de mandos. El mismo sistema de incorporación lleva instalado el sistema de lavado de envases.

El equipo probado dispone de un filtro de aspiración y otro de impulsión. Para realizar el mantenimiento de los mismos, se encuentran situados junto al cuadro de mandos (Foto 4), fácilmente extraíbles aún con depósito lleno (Foto 5). Como opción, este modelo de pulverizador se puede suministrar con un filtro de impulsión para cada sector de pulverización. Así mismo incorpora un filtro en cada una de las boquillas, si bien, estos filtros de boquilla no son requeridos en la actual inspección técnica de equipos de aplicación de fitosanitarios en uso (ITEAF), no siendo válidos como filtros de impulsión. Lógicamente, no falta el filtro de la boca de carga del depósito.



Foto 5. Filtro de aspiración, accesibilidad para su mantenimiento.

El pulverizador se encontraba dotado de una barra portaboquillas modelo Super-S de 28 metros de anchura de trabajo. Este modelo de barra dispone de portaboquillas triplex dispuestos cada 50 cm (56 portaboquillas), albergando en cada uno de ellos tres tipos de boquillas (Foto 7). En nuestro caso las boquillas instaladas el día de la prueba fueron todas ellas de abanico, con diferentes caudales y tipología, tal como se muestran en la tabla 2. La barra estaba diseñada para su plegado en posición de transporte en cinco tramos a cada lado de la máquina, más otro fijo en la parte central de la misma. A cada tramo de plegado le correspondía un sector de pulverización, por lo que la máquina estaba dotada de 11 sectores de boquillas, correspondiendo a cada uno de ellos diferente número de elementos de pulverización, como se muestra en la tabla 3. Esta coincidencia de tramos de plegado con sectores de pulverización, hace que la

barra sea de ancho variable, es decir, se puede realizar el trabajo con distintos anchos, según necesidades (7, 13, 18, 23, o 28 metros). La construcción de la barra es de acero laminado (Foto 14), con estructura triangulada de geometría constante (56 cm de altura entre cordón superior e inferior) hasta el penúltimo tramo, y de inercia variable los dos últimos tramos de cada lado (A, B, J y K), siendo los tramos A y K de



Foto 7. Boquillas y filtro de boquilla.



Foto 14. Pulverizador en posición de trabajo. Geometría y rectitud de la barra.

aluminio y con protección mecánica para las boquillas en caso de impacto con elementos del terreno. El plegado y posicionamiento en altura e inclinaciones de la barra se realiza con accionamientos oleohidráulicos de desplazamiento lineal controlados por una central de control exclusiva para este sistema y de accionamiento desde la consola del puesto de conducción.

| Marca | Modelo | Ángulo de pulverización | Tamaño ISO | Color ISO | Tipo abanico | Caudal a 3 bar (l/min) |
|--------|--------|-------------------------|------------|-----------|----------------|------------------------|
| TEEJET | DG | 110 | 04 | Rojo | Antideriva | 1,58 |
| TEEJET | AIC | 110 | 04 | Rojo | Inducción aire | 1,58 |
| TEEJET | XRC | 110 | 06 | Gris | Estándar | 2,37 |

Tabla 2. Boquillas que equipaba el pulverizador.

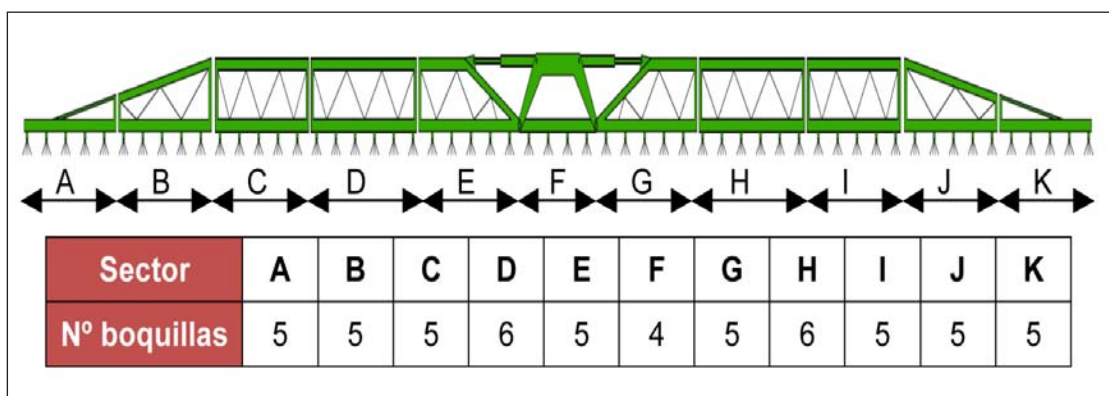


Tabla 3. Número de boquillas instaladas en cada sector.

En este equipo se ha instalado un sistema de fijación de la barra al chasis de tipo pendular, que se bloquea para transporte por medio de un bulón accionado



Foto 8. Inclinómetros instalados en el centro de la barra.



Foto 9. Sensor de ultrasonidos para altura de barra.



Foto 10. Anclaje en cuña de las barras para transporte.

oleohidráulicamente y dotado de un sensor que informa al puesto de conducción de su posición. Así mismo, para transporte por carretera, una vez plegada la barra para esta finalidad, se bloquea por medio de sendas cuñas que impiden el desplegado de la misma por accidente (Foto 10). Para que la barra se mantenga en posición paralela a la parcela, dispone de dos inclinómetros (Foto 8) en la zona central y dos sensores de ultrasonidos (Foto 9) para controlar automáticamente la altura de la barra respecto al objetivo (cultivo o suelo), lo que forma el sistema DistanceControl (Figura 1).

Este sistema de sensores es el encargado de mantener la altura seleccionada de la barra y paralela al terreno a cada lado de la máquina (derecha e izquierda) independientemente, y solamente funciona si esta desbloqueado el sistema pendular de anclaje de la barra. Desde el ordenador de a bordo se puede programar la posición de la barra en trabajo y simultáneamente en cabeceras de parcela, agilizando estos giros y evitando peligro de colisión de la barra con obstáculos como aspersores.



Foto 6. Iluminación de la barra portaboquillas. Trabajo nocturno.

Para facilitar el trabajo en horario nocturno, lleva incorporados en el centro del tramo F dos focos (Foto 6) que lanzan sendos haz de luz en dirección paralela a la barra, dirigido hacia los tramos A y K respectivamente, iluminando la pulverización de las boquillas. Este aspecto es importante, pues con los actuales

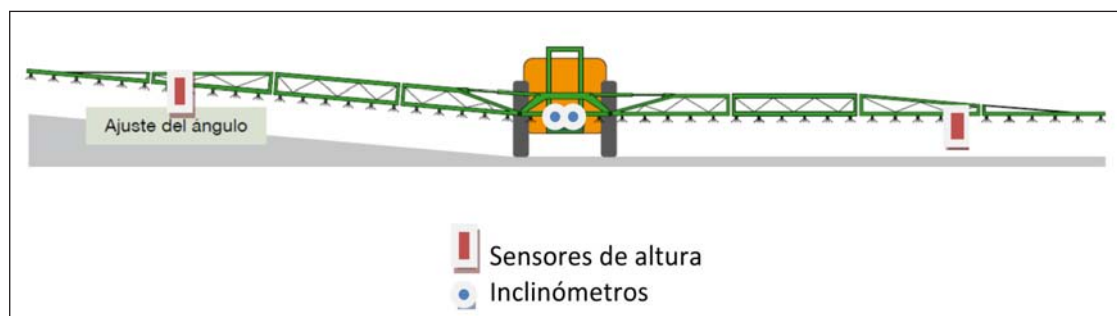


Figura 1. Actuación del sistema DistanceControl (fuente Amazone).

sistemas de guiado GPS, se ha ampliado el horario de tratamiento facilitando el trabajo sin luz solar, y con este sistema de iluminación se puede detectar desde el puesto de conducción aquella boquilla que proyecta un chorro defectuoso cuando se carece de la luz natural. También puede incorporarse opcionalmente como sistema de iluminación una regleta led a lo largo de la barra.

El equipo va dotado de un sistema de regulación de caudal proporcional al avance, donde tomando señal de velocidad del sistema GPS del tractor (v en km/h) y con el dato de anchura de trabajo (a en m) y dosis de producto a aplicar (V en l/ha), establece el caudal de caldo a distribuir (Q en l/min) aplicando la expresión:

$$Q \text{ (l/min)} = \frac{V \text{ (l/ha)} \times a \text{ (m)} \times v \text{ (km/h)}}{600}$$

Para conocer este caudal, el pulverizador está dotado de dos caudalímetros (Foto 11), uno en la impulsión a sectores y otro en el retorno de los mismos. Una vez conocido el caudal de distribución actúa sobre la válvula reguladora en tiempo real. En caso de que la velocidad de tratamiento fuera excesivamente elevada, que hiciera trabajar a las boquillas a presiones por encima de la máxima indicada por el fabricante, el sistema cierra la pulverización y avisa al puesto de conducción.

Para el sistema de distribución el equipo dispone de una electroválvula para cada sector y otra válvula general de corte (Foto 11), ubicadas en la parte central y posterior del equipo, formando un conjunto fácilmente accesible para labores de mantenimiento. El accionamiento de este sistema se puede realizar manualmente desde la consola del puesto de conducción y automáticamente, activado por la posición GPS, que permite el corte de sectores, evitando zonas sobretreatadas en la parcela.



Foto 11. Sistema de distribución y caudalímetros (en verde y amarillo con conexiones rojas).

Para el control de las diferentes funciones de pulverización el equipo estaba equipado con una consola Amatron 3. Se puede decir que es el cerebro de la máquina, puesto que configurando los datos que caracterizan la aplicación en particular que se va a realizar, directamente toma datos externos de máquina y GPS, y a partir de ellos toma las decisiones correctas, accionando la válvula reguladora para modificar caudal, accionando los actuadores oleohidráulicos para posicionar la barra, etc. Opcionalmente se puede equipar la máquina con mando Joystick (Foto 12) para el manejo en cabina. La comunicación máquina tractor se puede realizar por sistema ISOBUS o en caso de que el tractor no esté preparado para ello, se puede equipar el pulverizador con un sistema de simulación de ISOBUS, como es el caso del pulverizador y tractor probado. En la parte posterior del pulverizador se encuentran las dos centralitas (Foto 13) para gestionar tanto la pulverización por una parte como el sistema de accionamiento oleohidráulico por otra. Como opción puede instalarse en la parte posterior del pulverizador una cámara que enviará señal de imagen a la pantalla del puesto de conducción.



Foto 12. Joystick para manejo desde cabina.



Foto 13. Dos centralitas de gestión del circuito hidráulico y oleohidráulico.

Pruebas realizadas

Tras el proceso de toma de datos y características técnicas y de funcionamiento del pulverizador UF-1801, se sometió, al equipo de distintas pruebas. Unas de ellas de tipo estático, sin desplazamiento en parcela, y otras de trabajo en parcela.

Diferencia de presión en sectores

Se realiza este ensayo estático para obtener la presión real de fluido en las boquillas y su diferencia con la que indica el manómetro de la máquina. Para ello



Foto 15. Manómetros colocados en final de sectores para ensayo de pérdida de presión.

se pasó la máquina a modo manual y trabajando a 3,0 bar. En este caso la presión de la máquina es indicada en el monitor del Amatron 3, tomando la señal de un sensor de presión. La presión indicada en el puesto de conducción tiene una resolución de 0,1 bar, más que suficiente para el trabajo con este tipo de pulverizador, pues en la ITEAF actual se requiere para los mismos un máximo de 0,2 bar. El sensor de presión está colocado en los conductos de impulsión, en zona próxima al sistema de distribución y por lo tanto, en este equipo, a la barra portaboquillas. Se colocó un manómetro para la toma de presión en la última boquilla de cada uno de los 11 sectores (Foto 15), con el fin de obtener la presión en la boquilla más desfavorable. Los datos de presión obtenidos son los mostrados en el gráfico 1. Como se puede observar, la pérdida de presión es inapreciable comparándola con la de la máquina y uniforme entre los 11 sectores. Esto pone de manifiesto que el diseño del circuito hidráulico se ha realizado minuciosamente y con éxito.

Distribución transversal

También con la máquina sin desplazamiento se obtuvieron los caudales de las 56 boquillas instaladas en los correspondientes portaboquillas. Para ello, con la máquina en modo manual se reguló para trabajar a 3 bar de presión y se fueron obteniendo los caudales de cada boquilla mediante un caudalímetro de salida digital. Los resultados de estos caudales obtenidos se reflejan en el gráfico 2. Estudiados los valores de los caudales medidos, se obtiene un caudal medio de 1,73 l/min, y un coeficiente de variación de valor 2,77%. Para que los lectores tengan un referente sobre estos datos, decir que en la ITEAF actual para estos equipos se requiere un máximo de error de caudal de cada boquilla sobre el nominal del $\pm 10\%$, en este sentido decir que 25 boquillas de la máquina (el 44%) estarían con error por encima del permitido

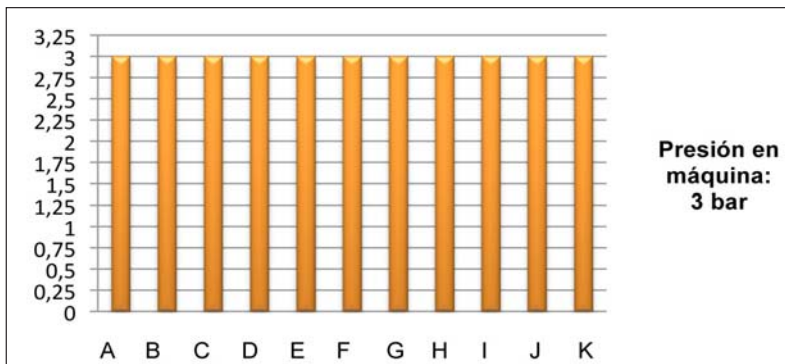


Gráfico 1. Presión (bar) en cada sector.

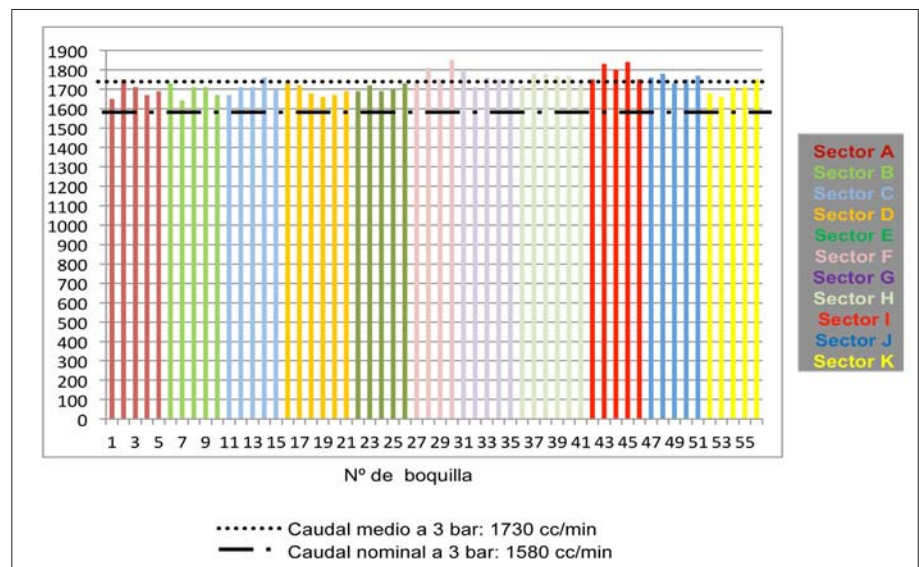


Gráfico 2. Caudal (cc/min) de las 56 boquillas Teejet DG 110 ISO-04 VP equipadas en el pulverizador probado, agrupadas por sectores de pulverización. ISO-04 VP equipadas en el pulverizador probado, agrupadas por sectores de pulverización.



Foto 17. Equipo trabajando, se muestra el corte de tramos (4 sectores abiertos: F, G, H, e I).

en estas inspecciones obligatorias. Esto es fruto del desgaste producido en las boquillas por la superficie tratada por la máquina objeto de la prueba, pues cuando se hizo el ensayo llevaba 720.000 litros de producto aplicado. Así mismo, se pudo observar que la totalidad de las boquillas desalojan un caudal mayor que el nominal, lo que viene a corroborar que la cantidad de trabajo desarrollado por la máquina ha producido desgaste en estos elementos de pulverización. Sin embargo, el coeficiente de variación es muy aceptable, lo que nos dice que la uniformidad de caudal entre todas las boquillas es muy buena, como era de esperar al disponer de valores de presión totalmente similares en todos los tramos, es decir, que todas las boquillas han sufrido un desgaste similar.

Corte automático de sectores

A partir de este momento se procedió a realizar trabajo en parcela, para lo cual los técnicos de Deltacinco regularon la máquina para realizar un tratamiento con una dosis de 175 l/ha con las boquillas Teejet DG 11004 VP. Para esta regulación se trabajó sobre el ordenador Amatron3, primeramente ajustando la horizontalidad de la barra y la altura de tratamiento

y de posicionamiento en cabeceras, y posteriormente la dosis de aplicación. Para definir el perímetro de la parcela se realizó una pasada perimetral hasta cerrar el contorno de la parcela, de modo que gracias al sistema GPS quedó marcado en pantalla el perímetro tratado de la parcela. Posteriormente se procedió a realizar dos pasadas paralelas por la zona interior de la parcela que quedaron registradas en la pantalla de control. En tercer lugar se realizó un pasada en diagonal para forzar el solapamiento de la banda de trabajo de la barra con áreas ya tratadas. Se pudo comprobar como en la zona de solape se cortaron de forma automática los sectores de tratamiento. Para ello la pantalla de la consola indica claramente la intersección del recorrido actual de la máquina con zonas ya tratadas y marca en color azul los sectores de la barra activos y en color rojo los tramos inactivos (Foto 17).

Elevación de la barra en cabecera de parcela

Mientras se realizaba la prueba de corte de sectores, se pudo ver como en cabeceras de parcela, la barra se elevaba, facilitando este giro en el caso de existir obstáculos como aspersores (Foto 16).



Foto 16. Equipo con barras elevadas para giro en cabecera.

Estabilidad de la barra a velocidad elevada

Estas pruebas se realizaron con la conducción del tractor por un técnico de Deltacinco, acompañado en cabina por un técnico del Laboratorio de Maquinaria Agrícola de la EPS de Huesca. Se procedió a recorrer la parcela además de a velocidad normal de tratamiento, en este caso 11 km/h, a velocidades mayores, del orden de 30 km/h, tanto en la dirección de los surcos de siembra como perpendicularmente a ellos. El técnico del laboratorio valoró la estabilidad del tractor en cabina así como la de la barra portaboquillas de 28 metros como espectacular. Esta estabilidad de la barra es debido a la labor de los amortiguadores mecánicos que instala, como al sistema DistanceControl que actúa para mantener la altura y paralelismo respecto al suelo constante.

Actuación del sistema DistanceControl

Para observar más en detalle el sistema de corrección automática de la altura se procedió a realizar un serie de pasadas sin pulverizar por el linde de la parcela, de forma que la parte derecha de la barra simulaba la pulverización en la parcela vecina, que se encontraba 40 cm más elevada que la de la prueba. Se observó como la parte de la barra comprendida entre los tramos G hasta K se elevaba y se mantenía a la distancia fijada de 50 cm en la zona de influencia del sensor de altura. Hay que destacar que estos sensores no tienen la finalidad de detectar obstáculos y actuar para salvarlos, sino de mantener, en combinación con el inclinómetro, la barra en posición paralela a la parcela, a cada lado del pulverizador independientemente. ●

Conclusiones

Tras la prueba de campo realizada al UF-1801, podemos decir que este equipo destaca por varios aspectos. Uno de ellos es la ubicación del cuadro de mandos y sistema incorporador de producto, cercanos uno de otro, intuitivos y del todo accesibles para el operario. Otro aspecto a resaltar es el diseño de depósito y chasis, buscando la cercanía del equipo al tractor para ofrecer mayor estabilidad en trabajo y transporte. En cuanto a las barras destacaríamos la gran estabilidad que muestran en su trabajo en campo y la característica de ser barras de ancho variable, favoreciendo el uso puntual de este pulverizador de 28 metros de anchura máxima para otros usos con menores anchos de trabajo. Por otra parte la uniformidad de presión entre sus sectores de pulverización es casi perfecta. Es de hacer notar el grado de implementación electrónica que lleva este equipo, lo que resulta en un comportamiento en parcela óptimo para realizar una aplicación de calidad, automatizando algunas funciones y por lo tanto aumentando rendimientos de trabajo.

La obtención de un pulverizador de estas características no se consigue sin que la marca invierta en sus centros de fabricación en I+D+i, con un equipo humano experto en agronomía y en aplicación de nuevas tecnologías a este campo.



Equipo técnico que realizó la prueba de campo.