

*Información para la Prensa Nº 5/04- ISSN 1666-6135*



## Banderillero Satelital



El funcionamiento de los banderilleros satelitales se basa en el Sistema de Posicionamiento Global GPS, mediante el cual la maquinaria de aplicación de productos químicos o fertilizantes esta ubicada en tiempo real en un lugar del espacio constantemente.

El sistema GPS concebido originalmente como auxiliar para la navegación de las fuerzas militares de EEUU. posee 3 subsistemas o segmentos que lo componen: 1- Segmento espacial o subsistema satelitario, 2- Segmento de control o subsistema de control y 3- Segmento de usuario o subsistema del usuario.

- 1- Está constituido por 24 satélites operativos de la constelación NAVSTAR (GPS), los cuales se hayan distribuidos en 6 órbitas elípticas, los satélites tienen un período de casi 12 horas y orbitan aproximadamente a 20.000 km de altitud. La configuración de la constelación asegura que siempre haya un mínimo de 4 satélites visibles desde cualquier punto de la tierra. Los satélites emiten un código pseudo aleatorio (PRN) en su señal mediante el cual son identificados por sus receptores.
- 2- Controlan la información de los satélites y pueden corregir aumentando o disminuyendo el error.
- 3- Por último el segmento usuario que es el que realiza su trabajo en base a la información recibida.

La señal posee diferentes fuentes de error que en mayor o menor medida le dan precisión al dato que obtiene el usuario en su trabajo. Las fuentes de error pueden ser:

- 1- relojes atómicos (están en los satélites), 2- errores de órbita (puede ser controlada desde el segmento de control), 3- receptores de GPS (mayor o menor calidad), 4- atmósfera terrestre (ionosfera de 400 km y troposfera de 80 km de espesor), 5- multitrayectoria (por galpones o árboles que interfieren la señal que debe llegar al receptor GPS), 6- geometría satelital (ubicación de los satélites) y 7- disponibilidad selectiva (inducida por el departamento de defensa de los EE.UU. desde el segmento de control).

### **Diferentes tipos de receptores GPS y usos para Agricultura de Precisión**

- 1- Sin corrección diferencial de señal (autónomos). Error típico 6 m pero puede llegar a 20 m.
- 2- Con corrección diferencial de señal (en tiempo real o de post proceso). Error que va desde 0,5 cm a no más de 1 m.

Para el uso de banderilleros satelitales no se pueden usar GPS autónomos (de mano) dado que el error es muy significativo, se deberían usar GPS con

señal correctora o receptores de GPS que posean un software interno que calculan el error que es inducido por la ionosfera (pero en tiempo real); tampoco sería útil para banderilleros satelitales GPS que calculan el error en post proceso dado que la maquinaria debe aplicar en el preciso momento que va avanzando.

### Diferentes sistemas de corrección de la señal GPS usados en agricultura en Argentina

- 1- Corrección mediante antenas Beacon.
- 2- Corrección Satelital (satélite geoestacionario).
- 3- Corrección interna en el receptor GPS.

1- Beacon: son antenas fijas de coordenadas conocidas (bases GPS) correctoras de la señal de los satélites. A las correcciones las realizan mediante radiotransmisión (onda FM) en la banda desde los 200 Mhz a los 500 Mhz. Hay tres antenas, dos de ellas Bolivar (Bs As) y San Carlos (Sta. Fe) cubren un radio de acción de 450 km y la restante que se encuentra en Las Lajitas (Salta) aproximadamente un radio de 350 km. Abono anual o de por vida.

2- Satelital: son satélites geoestacionarios (satélites que se encuentran fijos, o sea que con el supuesto de que pudiéramos ver al satélite lo veríamos siempre en el mismo lugar). Abono anual.

3- Sistema Edif.: corrección interna que determina y minimiza el error ionosferico en el receptor. No genera ni transmite por radio una corrección típica RTCM, pero permite obtener posiciones validas diferenciales con excelentes resultados en guía de maquinaria. Sistema Gratuito.

### Otros sistemas de corrección satelital disponibles en el mundo

Correcciones por medio de la combinación de satélites geoestacionarios y estaciones de referencia. Precisión del orden de los 3 m y la señal es gratuita. WAAS (EE.UU), EGNOS (Europa), MSAS (Japón) y GLONASS (Rusia).

### Resumen

Servicios de correcciones DGPS submétricas	Método	Cobertura	Precisión
Waas	Satelital	Norteamérica	Mejor de 2 m
Egnos	Satelital	Europa	Mejor de 2 m
Omnistar	Satelital	Sudamérica	Mejor de 2 m
Beacon	Tres antenas que son bases correctoras en Argentina	Aproximadamente 300 km de radio a la antena base	Depende de la distancia a la base correctora. Resultado típico submétrico.
E-dif	Corrección electrónica interna	Global. Todo el mundo	Submétrica
Correcciones RTK	Base propia	Hasta 10 km de la base propia.	Centimétrica

Extraído de la revista Geonoticias RURAL. Geosistemas.

### **Utilidad de los banderilleros satelitales**

En nuestro país los sistemas de guía satelital para ser utilizados en pulverización, fertilización o en sembradoras de grano fino de gran ancho de labor ya son una realidad. Básicamente todos los software de banderilleros satelitales cuentan con las mismas funciones para la aplicación y uso a campo, los cuales son muy completos y contemplan todas las situaciones que se pueden presentar durante el trabajo.

Considerando el costo del agroquímico, o bien el daño por un mal control ocasionado por solapamiento o áreas sin aplicar, sumado al efecto de fitotoxicidad por sobre dosis, indican la necesidad de marcadores eficientes.

En la Argentina la guía en pulverizadoras se realiza de dos maneras diferentes:

A- Mediante 2 personas que contando pasos entre una pasada y otra se posicionan para que el operario los utilice como guía.

Las desventajas de este sistema son: primero la inexactitud de medir las distancias con pasos, segundo el riesgo de contaminación crónica con agroquímicos al estar permanentemente expuesto a la acción nociva de los mismos y los inconvenientes de salud que ello implica. Otra desventaja es la imposibilidad de marcar en trabajos nocturnos, falta de visión cuando se trabaja en tiradas largas y con cultivos altos. La única ventaja del sistema estaría en que los operarios pueden ayudar al conductor durante las recargas de agua y agroquímico.

B- Mediante el uso de marcadores de espuma, sistema que presenta el problema de falta de precisión, ya que este marca dónde termina la aplicación anterior y no representa una guía perfecta para el operario ya que siempre tendrá que calcular la dirección. Este sistema también presenta como desventaja la dificultad de ver la espuma en cultivos altos o rastrojos en pie.

**Los dos sistemas anteriores presentan como desventaja, que los errores cometidos en las sucesivas pasadas son acumulativos, con respecto a las líneas paralelas trazadas por un banderillero satelital, lo que causaría una merma importante en la eficiencia, sobre todo en lotes grandes.**

### **Operaciones que se pueden realizar a campo con los banderilleros satelitales existentes en el mercado**

Cuando se comienza a pulverizar un lote, con este sistema, se ubica la pulverizadora en un punto de comienzo, preferentemente contra un alambrado o camino, y se ingresa a este como punto A en el receptor. Luego se va hasta el final del lote, haciendo la primera pasada paralela al alambrado, y se ingresa el punto B. Hecho esto, y previo ingreso del ancho de trabajo, la computadora traza infinitas líneas paralelas a la original A-B, con una separación igual al ancho de trabajo de la maquinaria utilizada, dato que será ingresado al equipo por el operador (Fig 1).

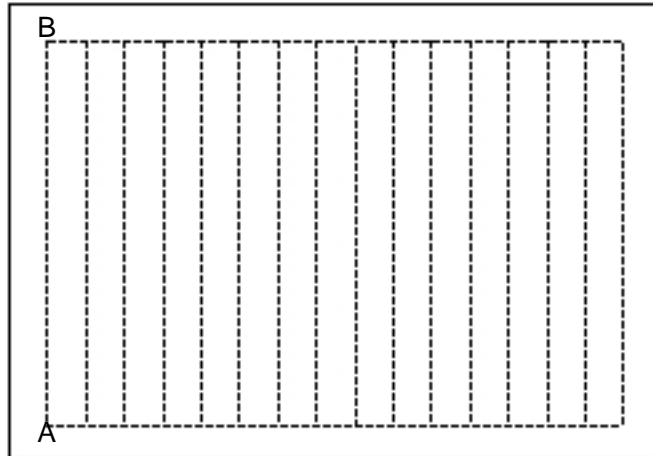


Fig. 1: determinación de los puntos A y B, y trazado de las líneas paralelas para marcar con señal de luces el corte y el inicio de la aplicación.

Al girar el equipo hacia la otra pasada el display indica la distancia que falta y con la barra de luces indica la dirección para encontrar la próxima pasada. Una vez encontrada la línea correspondiente se prenden las tres luces centrales de la barra guía, que son verdes, e indican que la pulverizadora va sobre la línea correcta. Si se desvía hacia cualquiera de los lados se prenden las luces rojas hacia el lado correspondiente, cada luz indica una distancia determinada de desvío que se debe programar con antelación, por ejemplo cada luz puede indicar un desvío de 1 m, 0,5 m o 0,1 m, o la que le parezca conveniente al usuario, lo más común para maquinaria autopropulsada es de 0,3 m.

Esta distancia de desvío puede ser programada en forma lineal, en cuyo caso cada una de las 17 luces a ambos lados del centro indican una distancia constante, o a escala en cuyo caso se debe programar además de la distancia entre cada luz una distancia final que será indicada por la última luz. En este caso, las primeras 10 luces a cada lado del centro indican una distancia constante, y las últimas 7 van aumentando proporcionalmente, hasta llegar a la distancia indicada para la última luz.

También se debe programar el modo de display de las luces, donde existen dos opciones, una que las luces indiquen el error de la dirección, en cuyo caso se prenderían las luces a la derecha del centro de la barra de luces cuando el operario se desvíe en esa dirección, y otra que las luces indiquen la corrección, donde el operario debe doblar en el sentido que se prenden las luces para corregir el sentido.

Para el caso de pulverizadoras terrestres, existe un modo de detección automática de giro, en el que el equipo incrementa automáticamente el número de pasada en el sentido que se gire, y cuando se supera un ángulo de  $110^\circ$  con respecto a la pasada activa. En el caso de usar este equipo para aviones pulverizadores se debe aumentar el número de pasada manualmente, ya sea a la izquierda o a la derecha de la línea A-B, debido a que el avión, al salir de una pasada se abre primero en sentido contrario a la siguiente pasada por necesitar un gran radio de giro. Si en este caso el equipo estuviera en el modo de detección automática indicaría como activa la pasada en el sentido del primer giro, que no es el deseado.

El equipo tiene, también, la opción de configurar el tipo de cabecera para cada caso. El siguiente cuadro explica las opciones presentes.

Configuración	Descripción
Sin cabecera	No son necesarias las cabeceras. Fig 2
Circuito abierto	Se establece un área de cabecera entre puntos determinados. Esta configuración es la apropiada cuando se establece un área de cabecera sobre bordes de un lote adyacente. Fig 3
Circuito cerrado	Se establece un área de cabecera alrededor del perímetro del lote. Fig 4
A-B como zonas finales	Establece un área de cabecera en extremos opuestos del lote. Fig 5

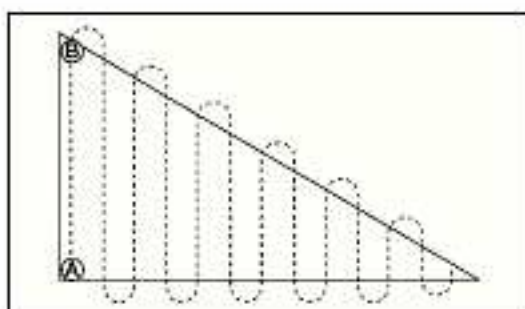


Fig. 2

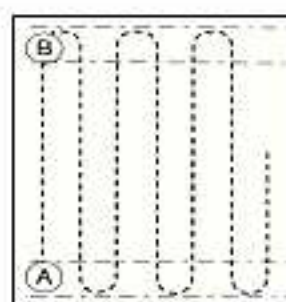


Fig. 3

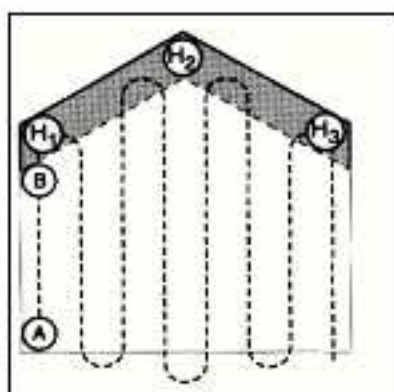


Fig. 4

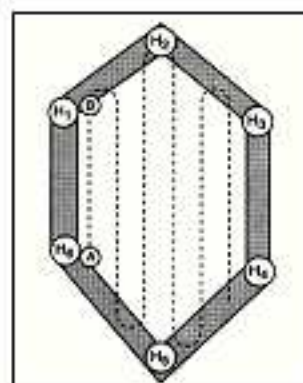


Fig. 5

Recientemente estos banderilleros han recibido una actualización en su programa, permitiendo trabajar en un modo que el equipo puede grabar exactamente el recorrido inicial, y luego hacer líneas imaginarias paralelas a una distancia igual al ancho de la máquina. Esto posibilita trabajar en círculos siguiendo curvas de nivel paralelas, teniendo una buena utilidad para aplicaciones en círculos de riego, donde siguiendo la huella del último tramo del pivote se podrá aplicar hacia adentro o afuera de la marcación con total exactitud (Fig 6).



Figura 6: uso del banderillero satelital para aplicaciones siguiendo curvas de nivel y círculos de riego

Con el fin de no dejar áreas del lote sin aplicar se recomienda trabajar con una superposición de 30 cm., lo que significa que si nos encontramos en cualquiera de los extremos del error del equipo pueden suceder dos cosas: la primera es que esté aplicando con una superposición de 60 cm., y la segunda es que no se presente superposición alguna pero tampoco un área que no reciba producto. Esto se logra indicando al receptor, durante la configuración, un ancho de labor 30 cm. menor al real para cultivos en hileras.

#### **Interrupción de la aplicación**

Los equipos, tienen además, la posibilidad de detener la aplicación, poniendo el equipo en pausa, ya sea porque se vació el tanque o por cualquier otra razón, y poder retomarla en exactamente el mismo punto, con ayuda del navegador.

Para volver al punto donde se discontinuó la aplicación la barra de luces indica la línea, al igual que cuando se está aplicando, mediante las 3 luces verdes centrales; la distancia que falta para llegar al punto la indica mediante una cuenta regresiva de los metros restantes. No es necesario realizar esta operación en una cabecera, sino que se puede hacer en cualquier parte del lote.

#### **Cálculo de Área**

Con estos equipos también se puede calcular áreas, ingresando puntos que el aparato une con líneas rectas, uniendo siempre el primer punto marcado con el último y así cerrando una figura. A partir del tercer punto el equipo ya puede definir una figura y va marcando superficies parciales a medida que se ingresan los puntos sucesivos. Cabe aclarar que el equipo (ej: Trimble 132) puede marcar hasta 100 puntos midiendo áreas entre puntos pero en forma plana, por lo que no tendrá precisión en lotes con mucha pendiente siendo necesaria la división del lote por altimetría.

## Uso en pulverizaciones aéreas

El equipamiento de guía satelital completo, con abono de señal DGPS Beacon por tres años para una pulverizadora autopropulsada tiene un costo cercano a los 8.000 dólares + IVA.



Fig. 7 y 8: Esquema que muestra como realiza la aplicación un avión y equipamiento.

Para aviones fumigadores existen dos tipos de equipos, siendo las prestaciones y el precio muy similar a los equipos terrestres, con la única diferencia en que las antenas son de uso aéreo debido a la velocidad de aplicación. Estos equipos permiten trabajar en carrusel o las llamadas melgas por los productores; así se evitan los giros violentos y volver a volar inmediatamente sobre las zonas aledañas al área aplicada en caso que los productos sean tóxicos. Además del sistema de guía de luces se puede adquirir un monitor que indica al piloto el lugar donde se encuentra el avión, y una brújula circular orienta al mismo hacia dónde debe dirigirse, esto encarece un poco el equipo.

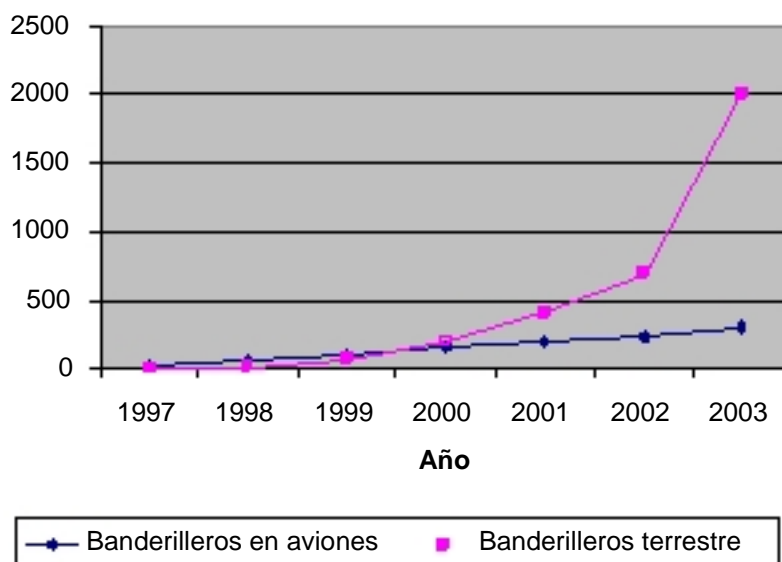
Esta pantalla display va marcando y grabando el recorrido del avión visto en planta, relacionado con las coordenadas geográficas y también con un mapa de base georreferenciado del campo o lote que se debe ingresar al monitor (Fig 8).

Esto ayuda al piloto a encontrar el lugar en lote donde debe comenzar la pasada sucesiva, operación que se hace más dificultosa si solamente tuviera la barra de luces, debido a las distancias de giro y a la gran velocidad que se desplazan. Además el hecho de que se graben los recorridos brinda un archivo para verificar y documentar las aplicaciones (Fig. 7). En el caso de las pulverizaciones aéreas se recomienda trabajar con 2 m de traslape entre las sucesivas pasadas, en un principio, y a medida que el piloto gana experiencia con este sistema de guía se puede reducir esta distancia a 1 m. Al igual que en las pulverizadoras terrestres el traslape se logra indicando un ancho de faja tanto menor como se quiera superponer las pasadas.

Cuadro y gráficos que reflejan el nivel de adopción de los banderilleros satelitales en Argentina.

Equipamiento	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Banderilleros en aviones	35	60	100	160	200	230	300
Banderilleros terrestre	0	10	70	200	400	700	2000

**Banderilleros Satelitales**



#### **Novedad en equipamientos disponibles en el mercado**

Cabe destacar un nuevo sistema que puede usarse para la siembra sin depender del marcador de la sembradora, dado que las sembradoras son cada vez de mayor ancho y la S. D. deja cada día más rastrojo, se hace necesario comenzar a reemplazar el marcador mecánico por otro satelital de alta precisión menor de 15 cm, considerando que el operario puede cometer errores de guía al seguir la barra de luces, la firma Geosistemas junto a Pla poseen banderilleros satelitales Out Back S Hitch, que mediante una conexión hidráulica en el enganche corrige el error humano en 20 cm a cada lado de la línea exacta que indica la barra de luces. El modo de corrección DGPS utilizado para este banderillero se llama e-Dif, es una técnica nueva patentada por Satloc USA y su funcionamiento se basa en corregir el error generado por la ionosfera, además el GPS genera las mismas correcciones DGPS que genera una estación base (como Beacon) pero internamente y en el mismo receptor.





Banderillero satelital conectado con un control electrónico - hidráulico en la barra de tiro que corrige el error de operador en la guía con la barra de luces.

**Auto Guía. Muchas de estas novedades serán expuestas en Expo Chacra y Feriagro 2004.**

FUTURO: auto-guía, varias empresas lo tienen desarrollado y entre ellas están John Deere, Trimble, Satloc, Agco, entre otros. Este sistema todavía no ha sido autorizado con automatización total solamente por cubrir normas de seguridad de riesgo laboral y otros riesgos fuera del campo, como seguridad de día, por ejemplo en el traslado.

Algunas empresas promocionan el sistema diciendo que en los próximos 5 años auto-guía será el responsable principal de las modificaciones en el escenario de la maquinaria agrícola, además de promocionar la aplicación de este sistema en todos sus productos.

El sistema de auto-guía, automatiza el direccionamiento de un equipo agrícola, permitiendo un trabajo más cualificado, condiciones antes imposibles. El operador trabaja con precisión de noche y en condiciones de baja visibilidad, por más tiempo y con menos desgaste físico, lo que permite aumentar la concentración en otras tareas más importantes.

También le permite al operador trabajar en campos con curvas de nivel dado que la guía es por medio visual como auditivo. Ayuda a reducir la superposición y las zonas sin aplicar.

Un factor muy importante para destacar es que el operador posee más confort lo que reduce el cansancio del mismo y optimiza la eficiencia de aplicación de productos herbicidas, insecticidas, fertilizantes, etc.

**Autores: Ing. Agr. Andrés Méndez, Ing Agr. MSc. Mario Bragachini, Ing Agr Fernando Scaramuzza.**

**Proyecto Agricultura de Precisión**

**INTA Manfredi**

**TE/Fax: 03572 493039/53/58/61**

**Ruta 9 km 636, (5988) Manfredi, Pcia de Cordoba**

**E-mail: [agripres@onenet.com.ar](mailto:agripres@onenet.com.ar) / [agprecision@cotelnet.com.ar](mailto:agprecision@cotelnet.com.ar)**

**Web: [www.agriculturadeprecision.org](http://www.agriculturadeprecision.org)**