

Banderillero Satelital DGPS como Guía de Pulverizadoras, Fertilizadoras y Sembradoras

*Autores: Ing. Agr. M. Sc. Mario Bragachini,
Ing. Agr. Axel von Martini,
Ing. Agr. Agustín Bianchini.
Proyecto Agricultura de Precisión INTA Manfredi*

Un sistema de posicionamiento, como el nombre lo sugiere, es un método para identificar y grabar, electrónicamente, la ubicación en el espacio de un objeto. Uno de estos sistemas es el GPS (Sistema de Posicionamiento Global), cuyo principio es el uso de señales satelitales para definir posiciones sobre la tierra. Este servicio está disponible en cualquier punto del planeta, las 24 horas del día y en forma gratuita. El sistema consta de una constelación de 24 satélites NAVSTAR divididos en seis órbitas de 4 satélites cada una. Cada satélite emite continuamente su posición y el tiempo exacto a través de señales de radio.

El receptor del usuario de GPS mide el tiempo que le toma a cada señal llegar desde el satélite hasta su antena, y asumiendo una velocidad constante para las ondas de radio, el aparato puede calcular la distancia. Calculando su distancia desde tres puntos (satélites en este caso) se puede conocer su posición en dos dimensiones, en cambio si toma su distancia desde cuatro o más satélites obtiene su posición en tres dimensiones.

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos le introduce intencionalmente un error al azar al sistema, lo que le confiere una precisión de +/- 100 m. Esto es un error que haría imposible la aplicación de este sistema en la agricultura de precisión. Por eso se ha desarrollado un método para mejorar su precisión, llamado corrección diferencial. Usando la corrección diferencial para mejorar al GPS produce lo que se llama DGPS (Sistema de Posicionamiento Global Diferencial). Este sistema está basado en un receptor estacionario de GPS ubicado en un lugar de coordenadas conocidas. Como el receptor estacionario conoce su posición real y la posición real de cada satélite, conoce la distancia real a cada satélite. Cuando la unidad calcula la distancia estimada a cada satélite, que está en línea de vista, también puede determinar el error en cada medida. La diferencia entre la distancia real y la distancia medida por GPS, se designa como la distancia de corrección diferencial (Fig 1). Estas correcciones son transmitidas a unidades GPS que la reciban y de esta forma van corrigiendo sus distancias estimadas en tiempo real.

Las fuentes de corrección diferencial pueden provenir de la señal Beacon o de satélites geoestacionarios (Omnistar y Racal) (Figuras 3 y 4). En nuestro país hay que pagar un abono para recibir estas señales. La señal Beacon proviene de antenas fijas de las cuales hay dos en nuestro país (Fig 2). Estas antenas cubren un área de 450 km de radio. En cambio la corrección satelital está disponible en todo el país. Mediante cualquiera de los dos sistemas de corrección (DGPS) se logran precisiones submétricas, que oscilan entre los +/- 30 cm. Esta precisión ya es suficiente para la aplicación en la agricultura de precisión.

Fig. 1: Corrección Diferencial

Figura 2: Alcance de la señal Beacon

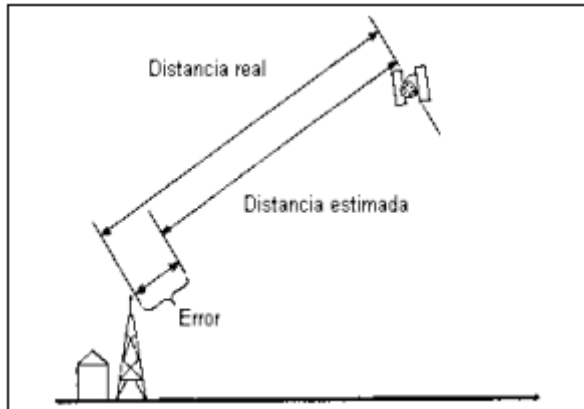
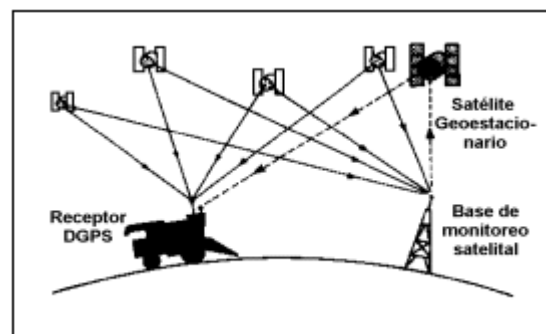
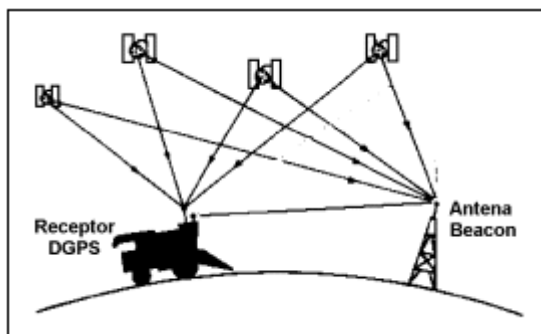


Fig. 3: Corrección diferencial Beacon



Fig 4: Corrección diferencial satelital



Sistemas de Navegación y guía de implementos

Recientemente se han introducido con gran éxito en nuestro país los sistemas de guía satelital para ser utilizado en pulverización, fertilización o en sembradoras de grano fino de gran ancho de labor.

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.

Banderillero Satelital

El sistema llamado en Argentina "banderillero satelital", funciona como un navegador satelital, posicionado por una señal DGPS que puede ser satelital (Omnistar o Racal) o bien Beacon (D & E), los dos sistemas ofrecen una precisión de +/- 30 cm. en todo momento.

El INTA Manfredi a través de su proyecto Agricultura de Precisión sometió a prueba un banderillero Trimble Ag132 corregido mediante señal Beacon con excelentes resultados, logrando trabajar con 30 cm de precisión en todo momento.

El sistema consta de un receptor DGPS, su respectiva antena, una barra guía de luces, y como opcional un control remoto con las funciones principales y funciona conectado a la batería de 12 Volts de la pulverizadora o tractor (Fig 5).



Fig 5: Receptor DGPS, antena y barra guía de luces.

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 6).

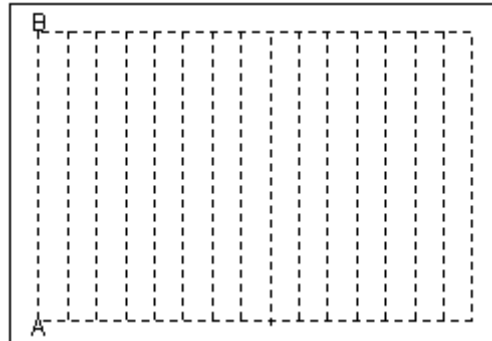


Fig 6: Determinación de los puntos A y B, y trazado de las líneas paralelas para marcar con señal de luces el corte y el inicio de la aplicación.

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 1m, 0,5m o 0,1m, o la que le parezca conveniente al usuario, lo más común para maquinaria autopropulsada es de 0,3m.

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° 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 7
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 8
Circuito cerrado	Se establece un área de cabecera alrededor del perímetro del lote. Fig 9
A-B como zonas finales	Establece un área de cabecera en extremos opuestos del lote. Fig 10

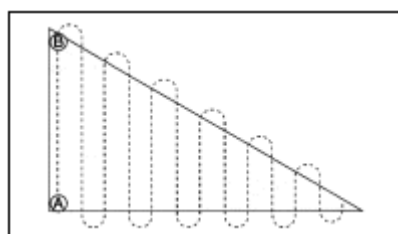


Fig 7

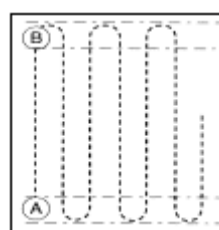


Fig 8

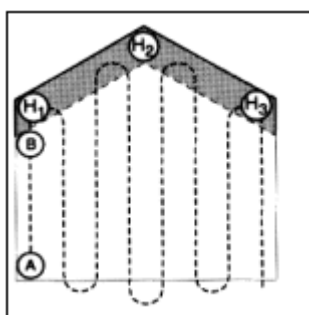


Fig 9

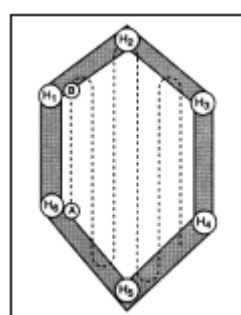


Fig 10

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 11).

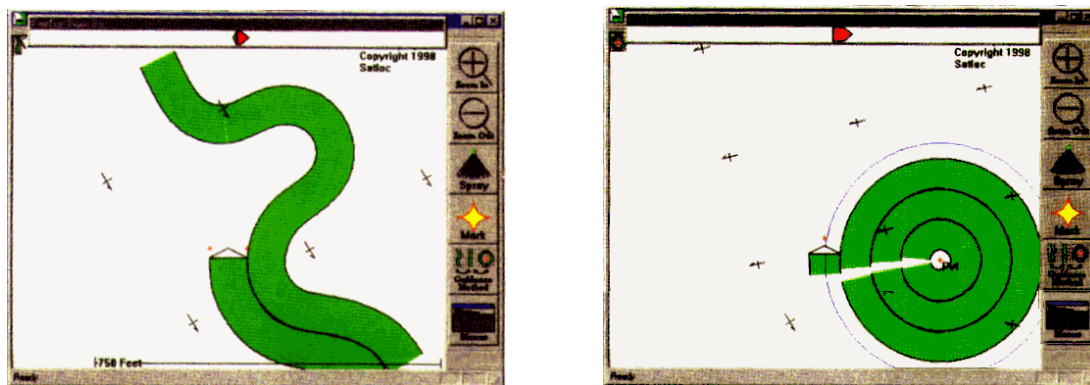


Figura 11: uso del banderillero satelital para aplicaciones siguiendo curvas de nivel y círculos de riego

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

El equipo, tiene 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 este equipo 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 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 \$ 10.000 + IVA.

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 12).



Fig. 12: Equipo aéreo con pantalla digital y barra de luces

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. 13). 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.

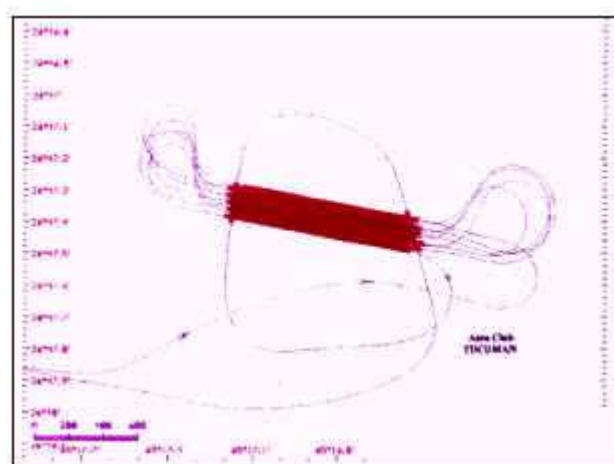


Fig 13: Mapa de aplicación realizada con avión guiado por navegador satelital, grabado en la pantalla diplay.

Mercado Actual de Navegadores en Argentina.

Dadas las ventajas comparativas que posee el sistema de navegación satelital como guía de equipos de pulverización aérea o terrestre y el futuro uso en sembradoras de gran ancho de labor, como así también en fertilizadoras al voleo de buena capacidad operativa, se estima una adopción de 120 equipos en la actualidad y 300 equipos para los próximos 12 meses. En nuestro país, del total de equipos vendidos el 40% corresponden a los aplicadores terrestres y el 60% restante corresponden a aplicadores aéreos. A pesar de que existen los equipos específicos para las aplicaciones aéreas, en la actualidad se están utilizando los mismos que en máquinas terrestres, por razones de costo, además ha quedado comprobado que los pilotos aeroaplicadores tienen una rápida adaptación al uso de banderilleros de uso terrestre.