

La nueva norma ISO 12188-2 fija las condiciones en las que se deben ensayar los vehículos

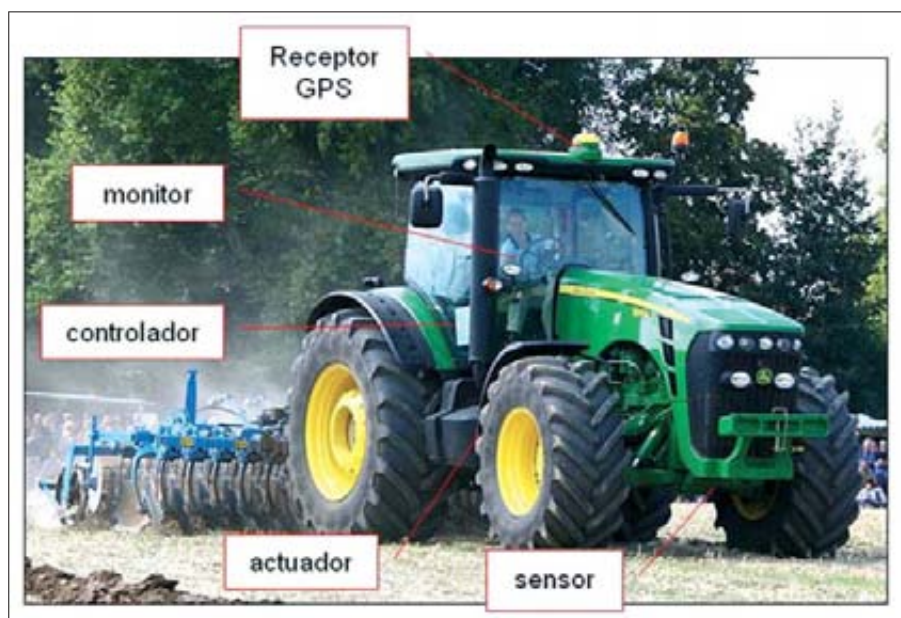
Sistemas de asistencia a la conducción y de autoguiado

Los sistemas de autoguiado y asistencia al guiado (AGS) gozan cada día de mayor aceptación entre agricultores y empresas de servicios. Sin embargo, no es fácil ensayar y evaluar su comportamiento en el campo. La precisión es un factor determinante en la rentabilidad de los sistemas de producción actuales (Gavric *et al.*, 2011), y en este sentido, la norma ISO 12188-1 y el borrador ISO 12188-2 pretenden cubrir la carencia de estándares en el ensayo y evaluación de sistemas de posicionamiento GNSS y autoguiado. Este artículo analiza este último borrador (comité ISO 23/SC 19), los fundamentos de los ensayos y su importancia para fabricantes y agricultores.

D. Araguz, C. Valero.

Dep. Ingeniería Rural. ETSIA. UPM.

Existen tres niveles de automatización en el guiado de tractores y máquinas agrícolas. El primero y más básico, de barras de luces (GPS e interfaz de LEDs), guía al operario que conduce el vehículo. El segundo nivel, el de autoguiado asistido por un sistema GNSS de posicionamiento, controla la dirección del vehículo mediante un mecanismo electro-hidráulico o mecánico, mientras que el operario, toma el control en los cabeceros y maniobras. El tercer nivel, es el de un robot sin



Segundo nivel de auto-guiado. Elaboración propia. Imagen del tractor: Wikipedia, 2011. Autor: HCQ, 2009. Título: Tractor John Deere 8345R con una grada de discos de Lemken en un día de campo organizado por la Universidad de Stuttgart-Hohenheim AG University, Alemania.

operario en cabina, que si bien está en desarrollo, todavía necesita de cobertura legal para poder ser visto en el campo.

Analizamos el segundo nivel. Un sistema de autoguiado está compuesto como mínimo por los siguientes elementos (Keicher *et al.*, 2000):

- (1) Un sistema de posicionamiento GNSS (*global navigation satellite system*).
- (2) Un sensor que determina la desviación de la ruta marcada y envía una señal a un controlador.
- (3) Un controlador que envía una señal de corrección a un actuador.
- (4) Un actuador que modifica la dirección del vehículo.

Típicamente, los sistemas de autoguiado también están equipados con un monitor, sensores de altitud y giroscópicos y los de mayor coste pueden incluir además una estación base de corrección (RTK o *real-time kinematics*).

Menos solapamientos y fallos (saltos) entre pasadas del vehículo, reducción del consumo de combustible, optimización del uso de fitosanitarios y fertilizantes, poder trabajar en condiciones de visibilidad reducida, y el registro de eventos, son algunos de los beneficios de esta tecnología (Adamchuk *et al.*, 2008). Las distintas opciones de autoguiado se muestran en la **figura 1**.

Problemática

Los receptores GNSS disponibles en el mercado pueden tener precisión centimétrica, decimétrica o métrica. Dentro de estos grados diferenciamos dos tipos de precisión: la estática o permanente y la dinámica o de entre pasadas. En los sistemas de autoguiado, la precisión dinámica es mayor a excepción de aquéllos con sistemas de corrección RTK. En ambos casos, el

sistema de corrección de la señal es determinante. Los receptores de bajo coste suelen emplear corrección diferencial (dGPS) mediante satélites geoestacionarios (públicos o privados) llegando solo a precisiones decimétricas; para conseguir precisión centimétrica es necesario corrección diferencial basada en la onda portadora (cinemática en tiempo real, RTK).

Las dificultades a la hora de evaluar y comparar sistemas de autoguiado surgen porque los fabricantes mayoritariamente ensayan y hacen referencia a la precisión estática cuando en el campo y para autoguiado tiene mayor importancia la precisión dinámica y porque los fabricantes –más allá de la precisión del sistema de posicionamiento– no hacen referencia a parámetros tangibles a la hora de describir sus productos.

Por ejemplo, dos sistemas de autoguiado D y E, ambos con precisión RTK, podríamos compararlos si supiésemos cuál es el error –en forma de distancia horizontal– entre dos pasadas del vehículo separadas en el tiempo 15 minutos. Si comparamos sus fichas técnicas, los fabricantes D y E nos hablan de la precisión del sistema de posicionamiento en centímetros (por ejemplo: RTK, Omnistar o Egnos) pero no de la precisión en cm del sistema de autoguiado (GNSS + sensor + controlador + actuador).

El borrador de la norma ISO 12188-2 define términos como error relativo entre pasadas (*relative cross track error*, XTE), punto representativo del vehículo (*representative vehicle point*, RVP) o precisión dinámica (*pass-to-pass error*) entre otros. También describe cómo se deben ensayar los vehículos (metodología e instrumental) y cómo se deben presentar los resultados fijando los contenidos mínimos del informe resultante de los mismos (figura 2). En un futuro, si el borrador finalmente se adopta como norma, el agricultor podrá evaluar y comparar sistemas que hayan pasado por un test ISO 12188-2, es decir, podrá comparar manzanas con manzanas.

Material y metodología para el test ISO 12188-2

El borrador fija las condiciones en las que se deben ensayar los vehículos en los siguientes términos.

Pista para los ensayos

La pista estará constituida como mínimo por un segmento recto, de al menos 100 m de lon-

gitud, con una pendiente inferior al 1% y con cabeceros que permitan la entrada y salida estable de los vehículos así como cambios rápidos de dirección en cada segmento. Éstas son solo algunas de las exigencias de la futura norma. En principio, se podrían utilizar las pistas en las que tradicionalmente se han ensayado mecánicamente los tractores y máquinas agrícolas (como la EMA en Madrid), aunque su diseño oval no sea quizás el más adecuado.

Instrumental

Es necesario un sistema de referencia con una precisión de un orden de magnitud superior al del sistema de posicionamiento GNSS del AGS ensayado (en condiciones dinámicas). En la actualidad, los mejores sistemas GNSS tienen una precisión del orden de 0,01-0,02 m, por lo tanto, el sistema de referencia utilizado en los ensayos debe alcanzar una precisión de al menos 0,002 m (Norremark *et al.*, 2011). Ésta es quizás la mayor constrictión de la futura norma. Una precisión de 0,002 m nos lleva a instrumental más propio de entornos industriales, como marcadores láser, MV (*machine vision*) o sistemas iGPS.

Vehículo

Siguiendo las instrucciones del borrador, el fabricante del sistema AGS puede elegir el vehí-

culo con el que realizar el ensayo. Se recomiendan tractores no articulados, de ruedas, con una potencia a la tdf de 150-250 kW, tracción 2x2 y delantera asistida o 4x4.

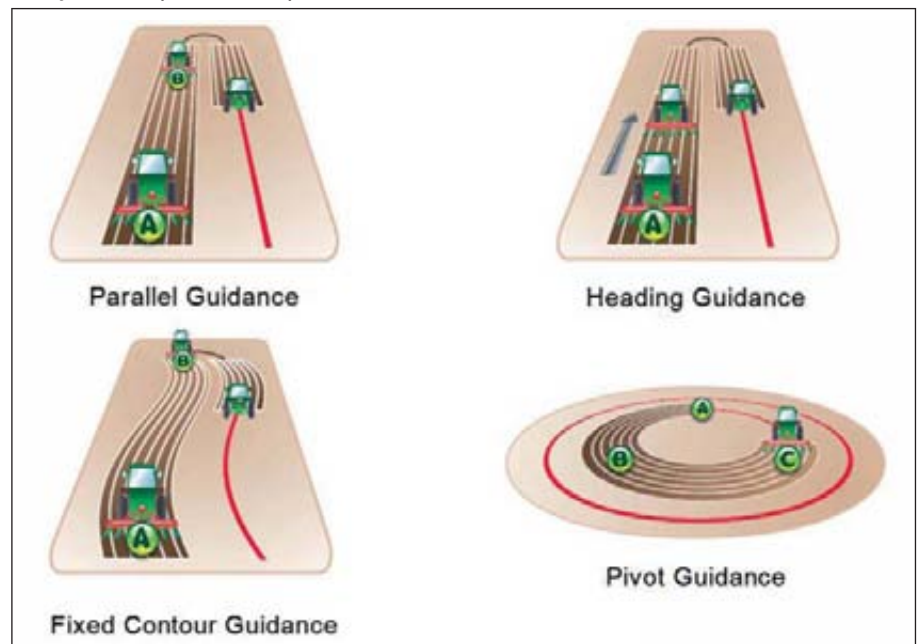
Procedimiento

El borrador describe el procedimiento a seguir en los ensayos. Entre las indicaciones que se detallan en el mismo, se pueden destacar las siguientes con el objeto de que el lector se haga una idea de las limitaciones y exigencias del borrador en este sentido:

- Para cada vehículo ensayado habrá que determinar su RVP o punto representativo del vehículo que será normalmente el punto de pivote de la barra de tiro.
- Antes del ensayo, preparar el sistema AGS conforme a las indicaciones del fabricante.
- Cada ensayo completo, para cada velocidad, consistirá en al menos tres ensayos realizados con distintas configuraciones de la constelación GNSS y llevados a cabo durante dos días consecutivos.
- No se repetirán ensayos con la misma constelación GNSS (el ciclo orbital es de 24 h en GPS).
- En la literatura consultada, los ensayos han seguido el patrón de una labor en campo, es decir, a una primera pasada –que se hace

FIGURA 1

Patrones de autoguiado. Fuente: Leica Geosystems Mojo 3D User Manual V2.0 EN, Leica Geosystems AG, Switzerland, 2011.





A una primera pasada del tractor le sucede una segunda separada de la primera por una distancia constante, que en este caso es la anchura del implemento del tractor.



Vista del interior de la cabina de un tractor con sistema de auto-guiado (consola Topcon).

coincidir con la línea A-B de referencia- le sucede una segunda, separada de la primera por una distancia constante que suele ser la anchura del implemento del tractor (p. ej.: pulverizador). Se utiliza este caso práctico para explicar como se calcula XTE conforme al borrador (**expresión 1**).

Expresión 1.

$$RVP_01_0i - [(RVP_02_0i) - a] = XTE$$

La **expresión 1** muestra el cálculo de XTE conforme a ISO 12188-2, siendo RVP_01_0i la posición del RVP en la primera pasada y en el punto i, RVP_02_0i la posición del RVP en la siguiente pasada y para el punto i, y siendo a la anchura del implemento.

- La distribución de los tiempos de re-visita (en caso práctico anterior, el tiempo transcurrido entre RVP_01_0i y RVP_02_0i), según el borrador irá de 1 a 15 minutos.

- Se realizarán ensayos a tres velocidades distintas: lenta ($0,1 \pm 0,05$ m/s o la mínima posible), media ($2,5 \pm 0,2$ m/s) y rápida ($5 \pm 0,2$ m/s). Se tratarán por separado los datos obtenidos para cada velocidad.

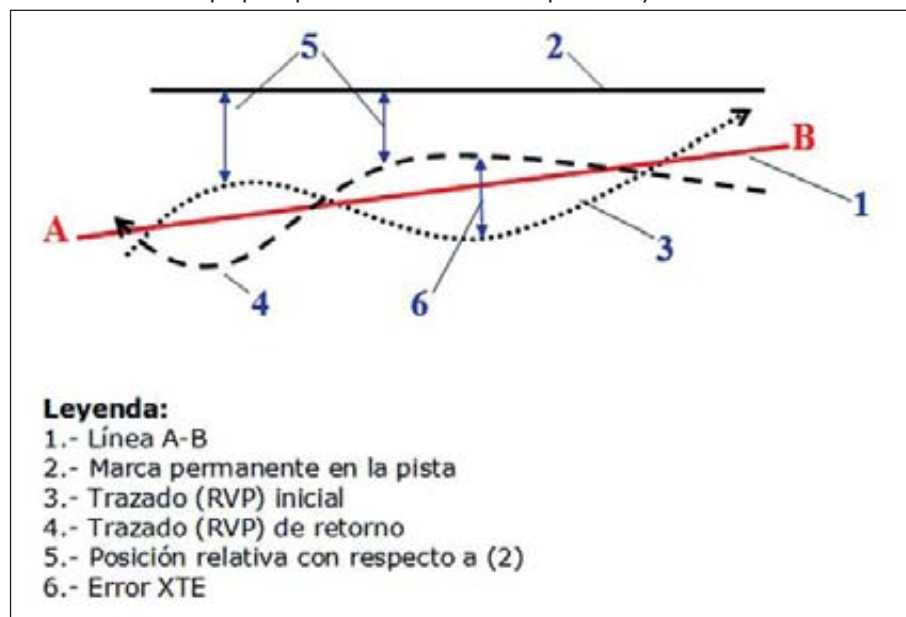
Informe

El borrador da algunas instrucciones sobre la información que debe contener cada informe resultante de los ensayos. Será necesario descri-

FIGURA 2

Error XTE (*cross-track error*).

Fuente: elaboración propia a partir de ISO/DIS 12188-p2 - Draft, 2010.



Tercer nivel de autoguiado. Field Robot Event 2011 Herning, Dinamarca. UGV de la Universidad de Aarhus DJF

bir el vehículo y el AGS así como el instrumental utilizado en la validación (sensores). También es necesario recoger el número de satélites utilizado por el GNSS (*global navigation satellite system*) y el número de satélites que potencialmente podría utilizar según lo recogido por una estación base (RTK) de la zona. Además, también habrá que describir otros factores, entre otros, como las condiciones atmosféricas, la actividad solar, posibles interferencias en las señales o quién es el demandante del ensayo.

Conclusión

La futura norma ISO 12188-2 es un punto de partida. Son varias las instituciones y Universidades que trabajan actualmente en el desarrollo de ensayos y protocolos que permitirán un ISO test de los sistemas AGS. La mayor dificultad que plantea la ISO 12188-2 reside en la precisión requerida por el instrumental de referencia (1-2 mm para AGS con RTK) y el alto coste del mismo. Previsiblemente en 2013 o 2014 veremos los primeros ISO test, y pronto

será tan fácil comparar sistemas de auto-guiado como desde hace años lo es comparar mo-

tores u otros componentes de las máquinas agrícolas. ●

Bibliografía ▼

ISO 12188-1, 2010. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Test procedures for positioning and guidance systems in agriculture – Part 1: Dynamic testing of satellite-based positioning devices

ISO/DIS 12188-2 – Draft, 2010. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Test procedures for positioning and guidance systems in agriculture – Part 2: Testing of satellite-based auto-guidance systems during straight and level travel.

Valero (2009). Avances en las tecnologías GPS, las redes RTK. *Vida rural*, N° 293, págs. 44-48, ISSN 1133-8938, 2009.

Gavric et al (2011), Short- and long-term dynamic accuracies determination of satellite-based positioning devices using a specially designed testing facility. *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 76, Issue 2, May 2011, Pages 297-305, ISSN 0168-1699, 10.1016/j.

Adamchuk et al. (2008). GNSS-Based Auto-Guidance in Agriculture. *SSMG-46*.

Adamchuk et al. (2008). Satellite Based Auto-guidance. *Extension EC706*.

Easterly, Adamchuk et al. (2010). Using a vision sensor system for performance testing of satellite-based tractor auto-guidance. (72). Keicher et al. (2000). Automatic guidance for agricultural vehicles in Europe.

Norremark et al. (2011). High Reference stem for Testing GNSS (Draft). (A. University, Ed.)

Preti et al. (2010). Use of an Artificial Test Track to Declare Field WBV Tractors Data by Manufacture. *SHWA2010*.

Schmitt et al. (2010). Performance of Evaluation of iGPS for Industrial Applications. 2010 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 15-17 September. Zurich, Switzerland: IEEE.

Stombaugh et al. (2002). Elements of a Dynamic GPS Test Standard. (021150).

Stombaugh et al. (2008). Standardized Evaluation of Dynamic GPS Performance. *ASABE Meeting Presentation* (084728).

Wubben et al. (1996). A New Approach for Field Calibration of Absolute Antenna Phase Center Variations. (96).



Sistema 110 Guiado GPS visual

Sistema de guiado visual para incrementar la productividad y reducir los costes.

- Barra de luces desmontable para mejorar la recepción visual.
- Sistema opcional para pulverización ASC-10 para Control de Tramos y Dosis Proporcional al Avance.
- Mapeo automático de cobertura.
- Configuración simple e intuitiva.
- Pantalla compatible para Guiado Automático.



Topcon Positioning Spain
Avda. de la Industria, 35. 28760 Tres Cantos - Madrid - Spain
Telf.: (+34) 902 170 388 - Fax: (+34) 902 170 393
www.topconpositioning.es

TOPCON
Precision Agriculture
www.topconpa.com