



Código: PICYDT-CAyT-02-2013

“INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE INSTRUMENTAL DE MEDICIÓN PARA AGRICULTURA DE PRECISIÓN”

Autor/es: Director: MOLTONI, Andrés F.

Integrantes: CLEMARES, Nicolás; GORANDI, Ezequiel y
PRIOR, Xoana V. (Auxiliar estudiante)

Año: Diciembre 2016



RESEÑA DE LA INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS:

Planteamiento del problema: Uno de los pilares fundamentales de la economía Argentina está basado en la producción agropecuaria, especialmente la granaria. Solo a modo de ejemplo podemos decir que Argentina fue el cuarto exportador mundial de trigo, el tercero de soja y el segundo de maíz en el año 2008 (USDA2009). Sin embargo, la mayor parte de la producción de granos es exportada con bajo nivel de especificidad caracterizándose así como commodities. Esto implica que Argentina es un tomador de precio sin poder influir en su formación y para este esquema obtener un incremento en la productividad resulta vital, contándose para ello con algunas herramientas tecnológicas específicas.

Es sabido que existen en nuestro país lotes agrícolas que poseen una gran variabilidad espacial y que gracias a esta variabilidad son factibles de ser subdivididos en ambientes de iguales características. Esto representa la base de las técnicas denominadas de agricultura de precisión o tratamiento por ambientes, las cuales proponen dejar de realizar un tratamiento promedio de los lotes para comenzar a trabajarlos según su variabilidad espacial.

Dentro de cada uno de estos ambientes se realiza un tratamiento homogéneo, lo que permite maximizar el uso de los recursos y eficientizar las labores. Esta mejora en la eficiencia se traslada directamente en un incremento de la productividad del sector.

Para poder caracterizar los lotes y generar los ambientes o unidades de similar potencial productivo es necesario medir diversas variables agronómicas en forma georreferenciadas. En base a lo expuesto anteriormente se puede concluir que contar con instrumentos y herramientas portátiles que permitan dicha medición resulta indispensable. También hay que destacar que existen dispositivos que permiten diagnosticar el estado de un lote para generar recomendaciones de manejo del mismo, que no necesariamente son instrumentos de agricultura de precisión, pero que son de gran utilidad y actualmente su difusión es limitada debido a su costo.

En nuestro país se comercializa instrumental que permite medir distintas características de los suelos y de los ambientes en general. Estos dispositivos son de origen importado, poseen costos elevados y producen mediciones aisladas, las cuales no se encuentran, en su enorme mayoría, georreferenciadas. Por todos estos motivos e independientemente de los beneficios que resultan de su uso, muy pocos productores adquieren y utilizan estos instrumentos de medición.

En la convocatoria de proyectos de la UNM 2012 se llevó a cabo el proyecto denominado "Desarrollo de un sistema georreferenciado, compatible con instrumental de medición para agricultura de precisión" que tenía como objetivo, además del desarrollo de un sistema de georreferenciación, llevar a cabo un diagnóstico de los equipos relevantes para ser fabricados localmente. Hay que destacar que el desarrollo local permitirá una sustancial adopción de estos equipos debido a que el costo de los mismos sufrirá un decremento significativo.

El presente proyecto plantea la investigación y desarrollo de instrumental de medición a campo de variables de relevancia para el sector agrícola, promoviendo el desarrollo local como estrategia de sustitución de importación y se plantea como una continuación natural del proyecto presentado en la convocatoria 2011.

Antecedentes: A partir de la década del noventa y desde que se liberó el sistema de GPS para su uso público, se abre una serie de posibilidades de las cuales la agricultura no fue ajena. En

este sentido, se han desarrollado innumerables sistemas que utilizan la georreferenciación como base de tratamientos sitio-específicos, lo que en definitiva dio como resultado lo que actualmente se denomina agricultura de Precisión. Dentro de estos sistemas podemos nombrar equipos para aplicación variable de agroquímicos (Clark y McGuckin. 1996, Tian. 2000, Al-Gaadi y Ayers 2001, Vogel et. al. 2005, Raymond y Hilton. 2005, Gerhards y Oebel. 2006, Gavric y Martinov. 2007), sistemas de dosificación sitio específica de fertilizantes (Heege y Thiessen. 2002, Link et. Al. 2003, Zielman et.al. 2006), equipos para siembra y fertilización variable, entre otros.

En nuestro país se ha registrado un importante incremento de las tecnologías de Agricultura de Precisión desde sus primeras experiencias en la década del noventa (Bragachini M. et al - 2007). Como hemos mencionado anteriormente, el criterio fundamental de la agricultura de precisión consiste en aplicar los insumos según requerimientos específicos de cada unidad homogénea dentro del campo o lote, lo que se ha dado en llamar Manejo Sitio-específico (site-specific management), dejando de lado las aplicaciones fijas o uniformes comúnmente utilizadas.

Si bien Argentina tiene un desarrollo considerable respecto a otros países en agricultura de precisión, aún dista mucho de ser una técnica aplicada en forma masiva en el sistema productivo nacional. Los motivos que originan esta adopción parcial son varios, entre ellos se destaca el costo de la electrónica involucrada, principalmente por tratarse en su mayoría de equipos importados, siendo la principal causa el diseño de los sistemas en sí mismos y no sus componentes electrónicos. Otro de los aspectos relevantes es la incompatibilidad entre los equipamientos derivados de diferentes orígenes y prestaciones. Este marco ha sido uno de los principales motivos por los cuales la adopción de los sistemas de agricultura de precisión se han visto fuertemente limitados. La investigación y desarrollo en forma local de estos sistemas contribuiría considerablemente, no solamente a disminuir sus costos, sino principalmente a crear plataformas abiertas con "know how" nacional que garantice la interoperabilidad.

Justificación: La adopción del uso de la agricultura de precisión, al igual que el manejo por ambientes de los lotes, se ha visto incrementada en los últimos años y en particular en la última década, debido al desarrollo masivo de dispositivos electrónicos confiables y también a una baja relativa en los costos de los mismos. En este sentido, el desarrollo de instrumental de medición y diagnóstico con tecnología de origen nacional permite posicionar al país en el mundo, posibilitando entre otras cosas, la sustitución de importación de equipos con la correspondiente creación de empleo y la implementación de técnicas agronómicas que tienden a mejorar la eficiencia y la rentabilidad de la actividad.

Objetivo general: Investigar y desarrollar instrumental de medición a campo de variables de relevancia para el sector agrícola, promoviendo el desarrollo local como estrategia de sustitución de importación.

Objetivos específicos:

- Caracterizar los instrumentos factibles de ser desarrollados localmente, tanto por su relevancia agronómica como por su viabilidad tecnológica.
- Diseñar y construir un instrumento de medición georreferenciado de diagnóstico que pueda ser reproducido localmente.

Metodología: En una primera instancia y en base a los resultados aportados por el proyecto “Desarrollo de un sistema georreferenciado, compatible con instrumental de medición para agricultura de precisión” de la cartera 2012 de la UNM, se analizarán los diferentes instrumentos de diagnóstico a campo deseables de ser fabricados localmente.

Se trabajará determinando, dentro de los instrumentos deseables de ser desarrollados localmente, cual es el dispositivo con mayores potencialidades de ser realizado por la industria local. Una vez determinado el mismo se analizarán las tecnologías involucradas en el desarrollo y se procederá al diseño de un primer prototipo. Este será sometido a pruebas de laboratorio que tendrán como objeto evaluar el correcto desempeño del mismo y plantear modificaciones y mejoras posteriores a los ensayos a campo. Posteriormente a los ensayos en laboratorio y una vez modificado y mejorado el diseño del primer prototipo se procederá a realizar los ensayos a campo, con el objetivo de evaluar el dispositivo en condiciones reales de funcionamiento.

Como conclusión de estos ensayos se propondrán, nuevamente, mejoras al diseño y se conformará la versión final del dispositivo de medición.

Los dispositivos serán realizados con software de diseño específico y se desarrollarán prototipos para su ensayo en laboratorio al igual que en condiciones reales de funcionamiento a campo. En función a la evaluación de desempeño de los dispositivos desarrollados se ajustarán los diseños y se propondrán, en caso de ser necesario, mejoras a los mismos.

Es importante destacar que los ensayos a campo se realizaran con la participación de investigadores y especialistas del Instituto de Ingeniería Rural del INTA Castelar, dentro de los convenios marco y específico firmados entre la universidad y el antes mencionado organismo.

Resultados del Proyecto: A continuación se detallará el grado de cumplimiento de los objetivos para las diferentes actividades del proyecto.

Caracterización del instrumento de medición a ser desarrollado:

Haciendo uso, como insumo principal, del informe generado en el proyecto anterior “Desarrollo georreferenciado, compatible con instrumental de medición para agricultura de precisión” de la convocatoria 2011 (PICYDT), en donde se caracterizaron los instrumentos y las tecnologías disponibles en el mercado y su procedencia (nacional o importada) se determinó el instrumento a ser desarrollado por el proyecto para su fabricación local. Esta información puede ser encontrada en las actas de la convocatoria PICYDT 2011.

Uno de los instrumentos de mayor uso es el que permite relevar el estado de compactación del suelo (penetrometro). Este equipo es la herramienta que se utiliza para tomar decisiones respecto de la realización de enmiendas, principalmente labores de descompactación mecánica. También se propone la incorporación de un GPS para georreferenciar las mediciones realizadas.

Desarrollo de prototipo de instrumento de medición:

Se realizó el diseño del circuito esquemático tanto de sistema de acondicionador de señal como el del sistema de adquisición de datos y se realizó el circuito impreso respectivo. A continuación se adjuntan los circuitos desarrollados:

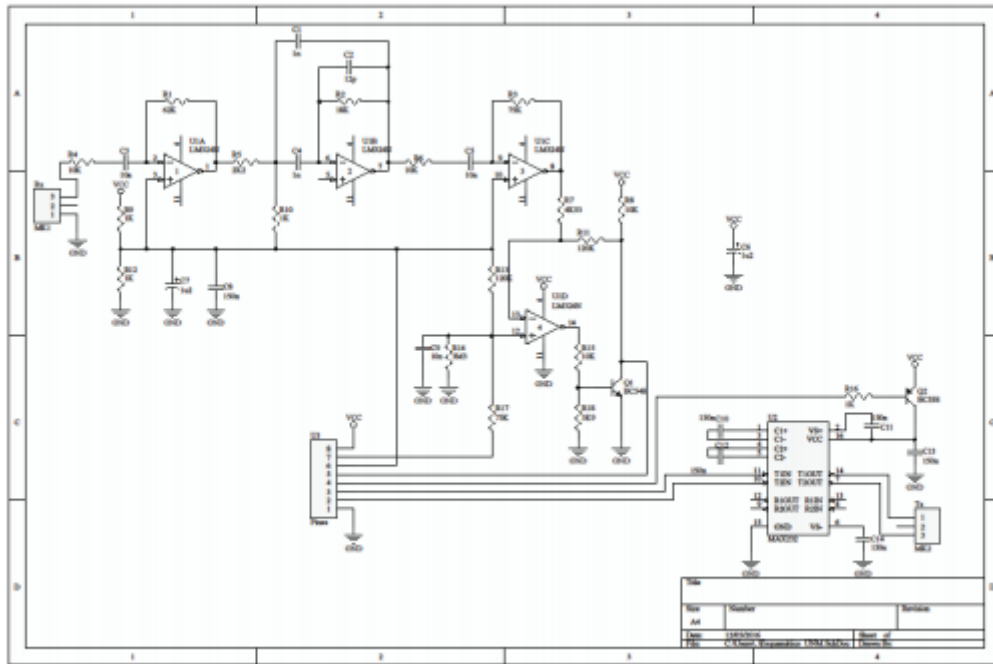


Figura 3: Circuito ultrasónico de medición de distancia al suelo

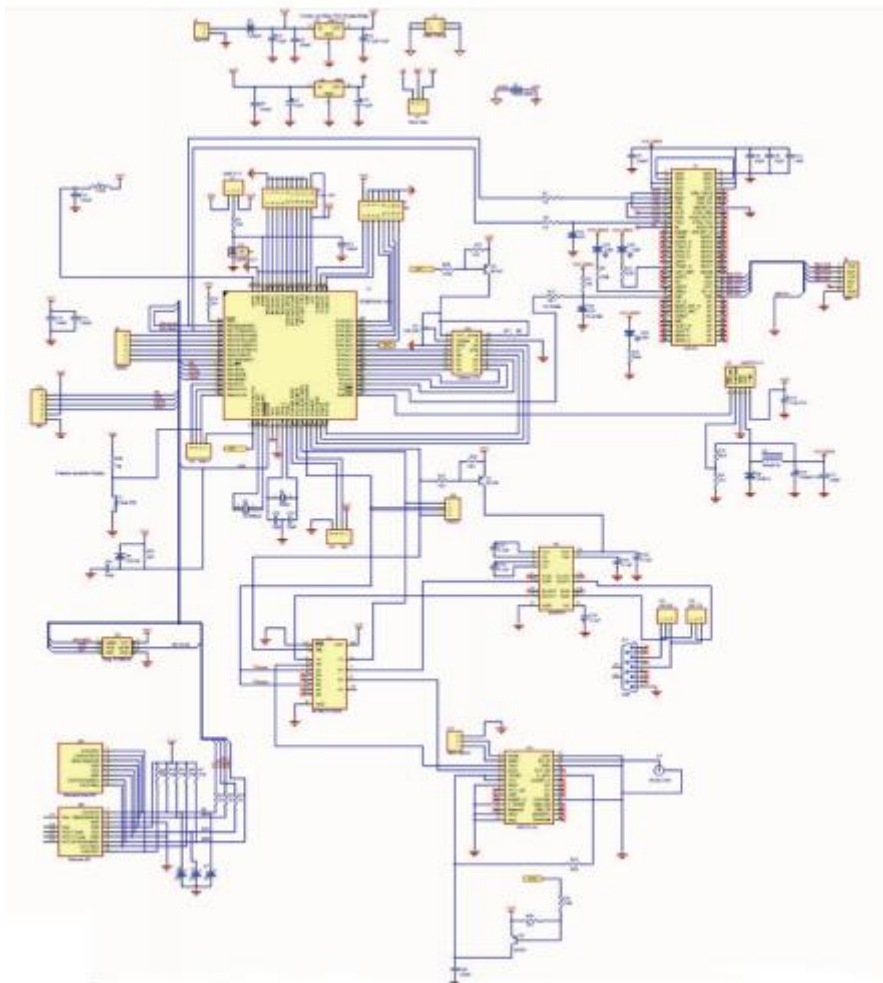


Figura 4: Circuito adquisidor de datos (datalogger principal)

Se adquirieron los insumos para la construcción del prototipo funcional del equipo incluyendo el elemento sensor (Celda de Carga), el sensor ultrasónico de distancia, al igual que los hierros y aceros necesarios para el armado del gabinete y estructura del instrumental.

En lo que respecta al armado del circuito impreso del prototipo se optó, en esta primera etapa, por la utilización de una placa de adquisición de datos genérica desarrollada por el laboratorio de electrónica del Instituto de Ingeniería Rural del INTA Castelar. La utilización de esta placa de adquisición de datos nos permitió avanzar más rápidamente en la validación del prototipo, debido a que no fue necesaria la fabricación de hardware y las consiguientes demoras inherentes al antes mencionado proceso. En este caso solo fue necesario el desarrollo del firmware que nos permita evaluar el desempeño a campo del equipo desarrollado.



Figura 5: Placa de adquisición de datos (datalogger principal)

A continuación se adjuntan imágenes del proceso de armado del prototipo.



Figura 6: Conformación de la estructura del gabinete



Figura 7: Ensamble del gabinete de medición



Figura 8: Punta Normalizada



Figura 9: Instalación del elemento sensor en el gabinete (celda de carga)



Figura 10: Sistema de adquisición de datos, placa principal y acondicionadora de señal.



Figura 11: Detalle de las primeras mediciones del instrumento



Figura 12: Configuración final del Prototipo

Validación de las mediciones a campo:

Para realizar la validación a campo del prototipo se realizaron una serie de mediciones en sitios predefinidos. Se buscó elegir sectores que no posean excesiva compactación ni tierra removida o suelta, que puedan afectar las lecturas realizadas por el instrumento.

En la siguiente figura podemos observar el montaje del instrumento a campo con el agregado de una placa en la base. Esta placa tiene como objetivo permitir que el medidor ultrasónico de distancia arroje una lectura estable, libre de las perturbaciones generadas por las irregularidades presentes en la superficie del terreno.



Figura 13: Montaje del instrumental para medición en terreno

En la siguiente figura (Figura 14) podemos observar el procedimiento mediante el cual el operador realiza las lecturas de la compactación de suelo. Y en la figura 15 se observa los valores que va registrando el equipo.



Figura 14: Montaje del instrumental para medición en terreno



Figura 15: Lecturas a campo del instrumento

Se realizaron un total de 10 repeticiones para el sector analizado y se comprobó que las lecturas respondían a los valores esperados. También se pudo verificar el correcto funcionamiento del sensor ultrasónico de distancia que le confiere al instrumento una precisión de aprox +/- 0,5 cm.

Queda pendiente la realización de un ensayo comparativo entre el equipo desarrollado y un equipo comercial que nos permita comprobar en forma estadística las prestaciones del instrumento desarrollado. También se plantea la necesidad de realizar un nuevo ensayo con mayor cantidad de repeticiones que permita caracterizar las lecturas del sensor de distancia.

Rediseño y armado de la versión final del dispositivo:

En la etapa de rediseño no fue necesario realizar modificaciones estructurales al dispositivo, solo se ajustaron algunas rutinas del firmware del dispositivo para adecuar su respuesta a las condiciones reales de funcionamiento encontradas, con los resultados de las mediciones a campo. Por otro lado se decidió finalmente no incurrir en el gasto que representaba la realización de la placa de circuito impreso final, entendiendo que esta última etapa puede ser desarrollada en un futuro proyecto o por una empresa que comercialice el instrumento, previo convenio de vinculación tecnológica con la universidad.

Comentarios finales: Si bien el instrumento resultó robusto y arrojó mediciones acorde a lo esperado, consideramos que sería interesante realizar modificaciones a las rutinas de firmware que permita mejorar sus prestaciones y optimizar su uso. También pensamos que sería útil proceder al armado de la placa final y adecuar el gabinete del equipo, haciendo más pequeño y liviano, quedando esto para una segunda versión del equipo.

Bibliografía:

- Al Gaadi K. A., Ayers P. D. 2001. Integrating GIS and GPS into a spatially Variable Rate Herbicide Application System.
- Bragachini M. 2007. Proyecto Agricultura de Precisión. Actualización Técnica N° 7. EEA INTA Manfredi -Ediciones INTA – Córdoba, Argentina.
- USDA. 2009. World Agricultural Supply and demands estimates. United States Department of Agriculture, EE.UU.
- Clark R. L., McGuckin R. L. 1996. Variable rate application equipment for precision farming. Written for presentation at 1996 Beltwide Cotton Conference. Nashville – Tennessee, EE. UU.
- Gavrić M. and M. Martinov. 2007. Low Cost GPS-Based System for SiteSpecific Farming at Flat Terrains – Case Study. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript - ATOE 07 004. Vol. IX.
- Gerhards R., Oebel H. 2006. Practical experiences with a system for site specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. European Weed Research Society. Weed Research. Vol 46 pp 185-193.
- Heege H., Thiessen E. 2002. On the go sensing for site specific nitrogen top dressing. ASAE paper N° 021113 in ASAE Meeting Presentation. Chicago, Illinois, EE.UU.
- Link A., Panitzi M., Reusch S. 2003. Hydro N-Sensor: Tractor Mounted remote sensing for variable nitrogen fertilization. In Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Managements. Minneapolis, EE.UU.
- Raymond S. G., Hilton P. J. 2005. Intelligent crop spraying: a prototype development. 1st International Conference in Sensing Technology. Palmerston North, New Zealand.
- Tian, Lei. A. 2000. “Smart sprayer” for site specific weed management. Department of Crop Sciences – College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences – University of Illinois. EE.UU.
- Vogel J.W., Wolf R., Dille A. 2005. Evaluation of a variable rate application system for site-specificweed management. ASAE Paper N° 051120 in 2005 ASAE Annual International Meeting. Tampa, Florida, EE.UU.
- Zielman E., Graeff S., Link J., Batchelor W. D., Claupein W. 2006. Assessment of cereal Nitrogen Requirements derived by the optical on-the-go sensors on heterogeneous soils. American Society of Agronomy. Madison, EE.UU. Published on line 3.