



PREMIO INNOVAGRO 2014

El fruto del ingenio



INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Desarrollo de equipos, sensores e instrumentos para agricultura de precision y labranza de conservacion



DESARROLLO DE EQUIPOS, SENSORES E INSTRUMENTOS PARA AGRICULTURA DE PRECISION Y LABRANZA DE CONSERVACION.

⁽¹⁾SANTOS GABRIEL CAMPOS MAGAÑA, MARTIN CADENA ZAPATA. GABRIELA RAMIREZ FUENTES
PROFESOR INVESTIGADOR. DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRICOLA. UNIVERSIDAD
AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO. MEXICO.

⁽¹⁾Responsable de la Contribución. Calzada Antonio Narro 1923. Saltillo Coahuila México. C.p. 25315.
camposmsg@hotmail.com

RESUMEN

Se presentan tres desarrollos tecnológicos realizados por el departamento de maquinaria agrícola, de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO (UAAAN), México, durante el periodo 2008-2013.

La UAAAN, ubicada en Noreste de la Republica Mexicana, fue fundada en el año de 1923 y tiene por misión: Contribuir al desarrollo sustentable y equitativo de la sociedad mexicana en general y en particular en los sectores silvoagropecuario, alimentario y ambiental, mediante la generación, aplicación y divulgación con ética y excelencia de la ciencia y la tecnología, para que en un proceso dinámico de mejora constante se logre la formación integral de personas competentes para ofrecer servicios profesionales especializados

Los desarrollos tecnológicos aquí presentados tienen como objetivo primordial el de facilitar la investigación y docencia en agricultura de precisión así como en la medición de energía en la labranza vertical además de dar servicio a la industria de desarrollo de maquinaria agrícola y al sector agrícola de alta productividad en México. Los equipos y sistemas desarrollados son: Desarrollo de un Sistema en tiempo real y de simulación de dosis variable de semillas, Desarrollo de equipo para la Generación de Mapas de Conductividad Eléctrica, resistencia al corte y penetración geo-referenciados y Desarrollo de un Sistema Integral para el Monitoreo de Fuerzas en Equipos de Labranza.

INTRODUCCION.

La Agricultura de precisión o manejo de sitio específico es la utilización de herramientas que permiten la obtención y análisis de datos geo-referenciados, mejorando el diagnóstico, la toma de decisiones y la eficiencia en el uso de insumos así como una disminución sustantiva en la contaminación. A nivel mundial las oportunidades y riesgos actuales en la producción de alimentos está vinculada con: alta demanda mundial de alimentos (granos, carne, aceite, proteína, bioenergía); alta demanda y costo de petróleo y gas natural en todo el mundo (el gas natural es 90% del costo de la producción de amoníaco); aumento del área fertilizada en el mundo; deficiencias de nutrientes que limitan la producción de cultivos y forrajes así como altos índices de contaminación ambiental entre otros. Una forma de contrarrestar estos efectos y corregir algunas de sus causas es mediante el manejo óptimo en la aplicación de insumos en la

agricultura. para la aplicación de esta tecnología se requiere de una fase de diagnóstico previo de rendimiento, combinado con muestreo de ambientes a nivel de predio para determinar los factores limitantes de la producción así como su localización precisa para poder de ahí realizar las prescripciones en tiempo real y sitio específico de insumos. Se requiere para lo anterior contar con sistemas que se integren entre otros por AgDGPS, Sensores, SIG, así como equipos de dosificación variables de insumos. A nivel mundial como un indicador existen alrededor de 20 países que han incorporado estos sistemas inteligentes y automatizados en la aplicación de insumos agrícolas, entre los que destacan Estados Unidos con 30 000 unidades de producción, Argentina con 1200, Brasil con 250, Reino Unido con 400, Paraguay con 4 y México con Cero unidades. Actualmente en la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRAIA ANTONIO NARRO (UAAAN) no se cuenta con maquinaria ni equipos e instrumentos automatizados para docencia e investigación en mecanización para la agricultura de precisión. En lo que se refiere a equipos e instrumentos integrales para la evaluación de implementos de labranza, pudiésemos decir que Actualmente el país se encuentra en proceso de desarrollo de normas y métodos de pruebas en tractores e implementos. Para el caso específico de prueba de implementos las pruebas que se desarrollan de acuerdo a la norma de evaluación de equipos de labranza son las siguientes (Ochoa, 2002):

1.- Estudio técnico de la estructura; 2.- Evaluación en campo.(Condiciones de la parcela de prueba, Prueba de ajuste, Evaluación de funcionamiento, Fuente de potencia); 3.- Estudio de seguridad y maniobrabilidad; 4.- Prueba continua. 5.- Estudio mediante el desarme. La prueba de potencia tiene como objetivo identificar la potencia necesaria para efectuar la tracción del equipo sujeto a prueba y se realiza de dos maneras. a).-Medirla directamente con un equipo especial. Equipo para medir la potencia directamente en los tres puntos de enganche, mediante un transductor de deformación .b).- Medirla por medio de dinamómetro de tensión colocado entre dos tractores; Donde las variables a medir son: Velocidad de desplazamiento y la Fuerza necesaria para tracción con y sin el implemento en operación. Esta propuesta tuvo como propósito, el desarrollar algunos sensores para la elaboración de mapas de ambientes de propiedades físicas del suelo, así como desarrollar bancos de pruebas de sembradoras inteligentes y sistemas de simulación de prescripción variable para la agricultura de precisión. Por otro lado se plantea diseñar un transductor que pueda ser utilizado para la evaluación de implementos integrales de labranza acoplados a tractores de categoría II (40 – 100 Hp). Los objetivos de los presentes desarrollos fueron los siguientes.

- I. Desarrollo de un Sistema en tiempo real y de simulación de dosis variable de semillas.
- II. Desarrollo de equipo para la Generación de Mapas de Conductividad Eléctrica, resistencia al corte y penetración geo-referenciados.

III. Desarrollo de un Sistema Integral para el Monitoreo de Fuerzas en Equipos de Labranza.

INNOVACIONES TECNOLOGICAS DESARROLLADAS.

I. Desarrollo de un Sistema Integral para el Monitoreo de Fuerzas en Equipos de Labranza.

Se desarrolló, construyó y evaluó durante el periodo 2008-2013 un sensor integral (figura 1), en colaboración con la empresa Mexicana Tecnomec Agrícola SA de CV, con capacidad de 80 kN para la determinación de las fuerzas de reacción del suelo durante la labranza así como de transferencia de peso. Los elementos que lo integran son dos anillos octagonales extendidos, un sensor axial tipo anillo y un marco de enganche de tres puntos, categoría II. Cada uno de ellos se con galgas extensiométricas sobre los elementos sensores, en arreglos completos de puente de Wheatstone. La calibración del transductor Integral se hizo tanto en forma individual por sensor en un marco de calibración como en un dispositivo construido expofeso simulando la fuerza de tiro en campo con capacidad de carga hasta 20 kN. De los resultados obtenidos se tuvo una linealidad superior al 99% en cada uno de los sensores en forma independiente lo cual permite una alta confiabilidad de los datos bajo condiciones de campo. Así mismo el equipo evaluado en el marco de calibración presenta una sensibilidad mayor del 7% para cambios de posición de la fuerza de tiro lo cual indica que existe un efecto de momento en los octagonales extendidos para esto se desarrolló la ecuación correspondiente, para que en función de los valores detectados en los octagonales y en el sensor de transferencia de peso se determinen, tanto la fuerza de tiro como la posición de la misma, con esto obtener una confiabilidad del 99% bajo condiciones de campo.

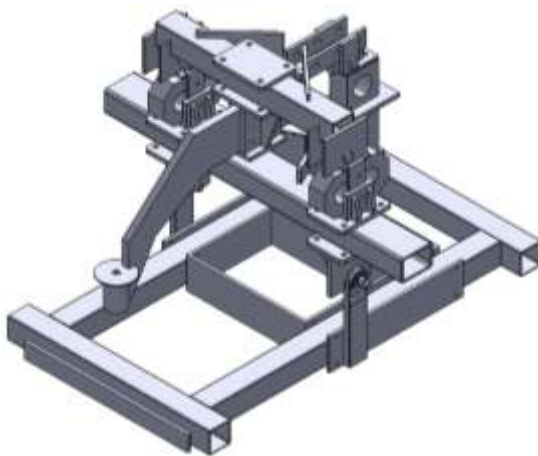


Figura 1. Transductor integral para el monitoreo de las fuerzas de reacción del suelo para la evaluación de implementos de labranza.

La figura (2) muestra un ejemplo de la calidad de respuesta del sistema integral durante el proceso de calibración. Mostrando una linealidad de la respuesta del 99.9%.

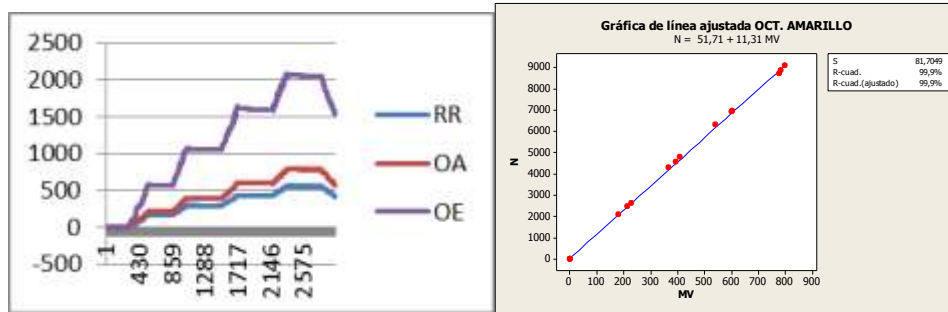


Figura 2. Sensores Integrales cuando está en PUENTE COMPLETO y la fuerza DESFASADO a la distancia de 0.73 metros, mostrando su ecuación de calibración así como su coeficiente de correlación.

En la figura (3) se muestra un ejemplo de los fuerzas de reacción del suelo durante la labranza vertical. La serie de datos es posteriormente analizada empleando el software de Matlab con la facilidad de la transformada rápida de Fourier y Análisis Espectral. Para transformar los datos de dominancia de tiempo a dominancia de frecuencia. Durante el proceso de recolección de datos se empleó un convertidor analógico digital DAQ-BOOK-2000 Marca Iotech y un acondicionador de señales, DBK-43^a, de la misma marca.

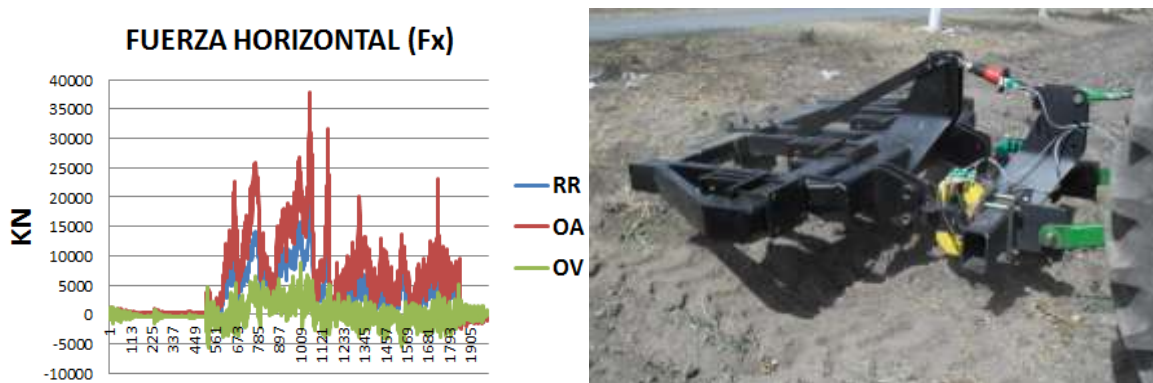


Figura 3. Ejemplo de datos obtenidos durante la evaluación de un implemento de labranza vertical con tres cinceles a una profundidad de 0.30m.

II.- Carro Porta Sensores para Diagnóstico de las Propiedades Físicas de Suelos Agrícolas

Este desarrollo tecnológico se refiere a un equipo porta sensores cuyo propósito es medir en forma independiente y precisa entre otras variables, la energía requerida en las labores de labranza primaria, resistencia a la penetración, esfuerzo de falla del suelo, así como la fertilidad y humedad en suelos agrícolas; parámetros requeridos en la elaboración de mapas de diagnóstico en el manejo de sitio específico de alta productividad agrícola. El equipo de diagnóstico (Figura 4) está Integrado por un carro porta sensores(1) acoplado a los tres puntos de levante hidráulico de tractores agrícolas, un sensor de fuerza axial del tipo de anillo(2), un sensor de par (3), un sensor de fuerza del tipo octagonal extendido(4) y un sensor de conductividad y capacitancia eléctrica (5). Los parámetros medidos son transformados a señales eléctricas para posteriormente ser acondicionados, convertidos a señales digitales y geo-referenciadas para su almacenamiento, análisis y elaboración de mapas de diagnóstico de sitio específico.

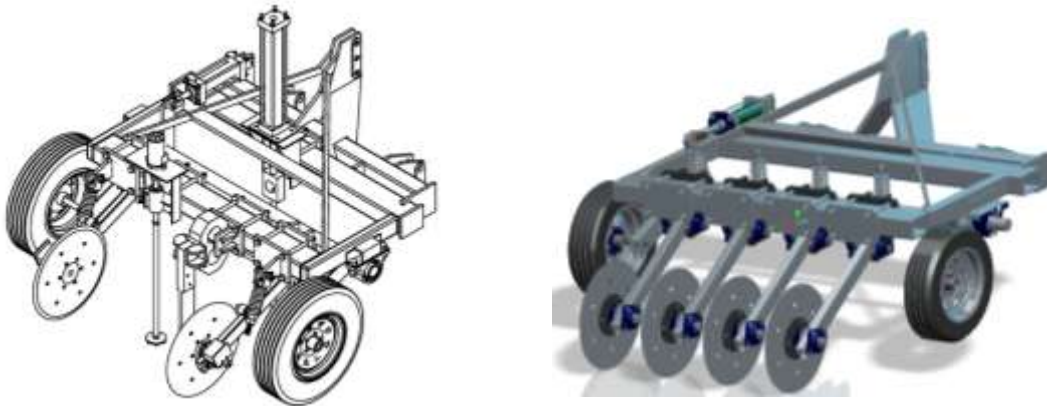


Figura 4. Carro porta sensores para el monitoreo de algunas propiedades físicas del suelo.

En la figura (5) se muestra el carro porta sensores muestreando humedad en el suelo a una profundidad de 0.10m. Así como un ejemplo de mapa generado con estos muestreos empleando el software GS+. Para la elaboración de los mapas se

empleó el sistema de adquisición de datos LOGBOOK 360 de Iotech así como UN AgGps 132 de Trimble.

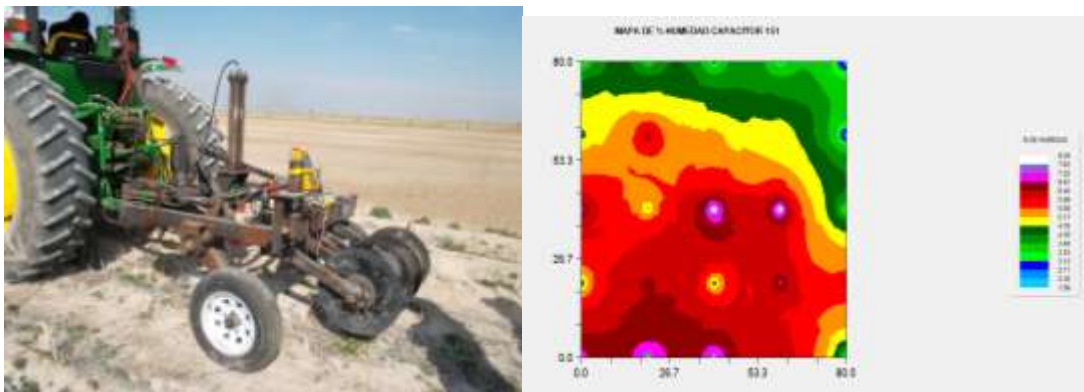


Figura 5. Carro porta sensores muestreando humedad en el suelo a una profundidad de 0.10m y mapa de humedad respectiva.

Las características de los sensores de resistencia a la penetración y a la falla de suelo diseñados fue con un sensor de anillo, cuya capacidad fue de 10 KN, para medir la resistencia a la penetración capaz de trabajar en un rango de profundidades de 0.0 a 0.40 m y un sensor de falla de suelo con una capacidad de 1.6 N.m. El equipo diseñado mostró una alta sensibilidad en la medición de fuerzas de resistencia a la penetración de 1.462 mv-N, con un coeficiente de correlación de 99.7%. El sensor de torque mostro durante su calibración una sensibilidad de 0.03511 Mv-NM y un coeficiente de correlación de 99.6%. La evaluación en campo del sistema, tanto para la penetración y la falla del suelo se realizó en un terreno de 100 x 100 m² con muestreos cada 20 m, teniendo un total de 25 puntos. La información fue mapeada empleando el sistema de información geográfica (GIS), con 3 niveles de interpolación (0.02, 0.10 y 1.0 m). En el mapeo de las pruebas de campo, se detectaron capas compactadas en profundidades mayores a los 20 cm en determinadas áreas del terreno en evaluación. En la figura (6) se muestra el arreglo del carro porta sensores para determinar la resistencia a la penetración mediante una sonda de cono basada en normas de la ASAE. En la figura (7) se muestra un ejemplo de la toma de datos de la Fuerza requerida por la sonda para penetrar a 0.40m así como un mapa a la profundidad de 0.20m elaborado con GS+.

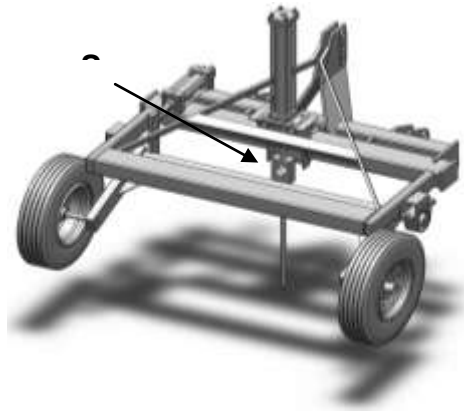


Figura 6. Arreglo del carro porta sensores para determinar la resistencia a la penetración mediante una sonda de cono

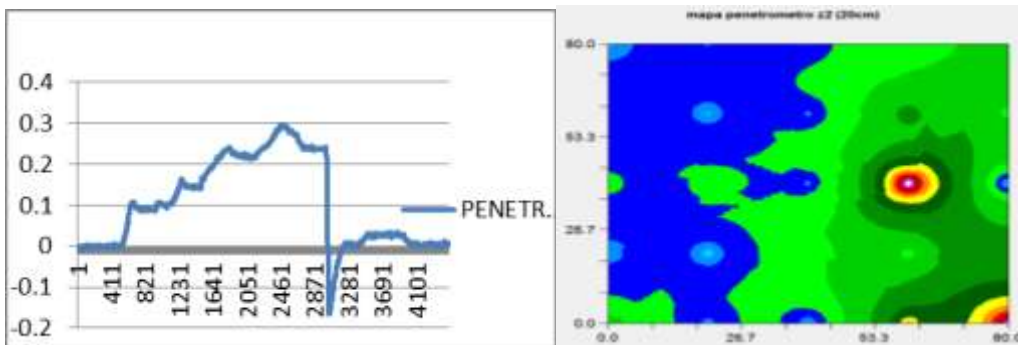


Figura 7. Toma de datos de la Fuerza requerida por la sonda para penetrar a 0.40m así como un mapa a la profundidad de 0.20m elaborado con GS+.

III. Desarrollo de un Sistema en Tiempo Real y de Simulación de Dosis Variable de Semillas

Este desarrollo permite la verificación de la calidad y variabilidad de dosificación de mecanismos Neumáticos de semilla, para lo cual se construyeron dos tarjetas electrónicas para recibir señales de caída de semillas real e ideal y una tarjeta electrónica para recibir señal del sensor opto electrónico que cuenta las semillas ideales , así como también se diseñaron programas para el control automático de dosificación variable utilizando el software LabView (I.V) y Microsoft Office Access desplegando la información registrada en tiempo real en el I.V y guardada en Microsoft Office Excel. Se utilizó el programa con el nombre *base_02* para realizar dicha evaluación utilizando también un variador de frecuencia, motor-reductor, sistemas de transmisión, sensor de caída de semilla, sensor opto electrónico y

sensor de velocidad de siembra. Para la semilla de frijol en un rango de velocidad de siembra de 330 hasta 1350 semillas/minuto. De acuerdo con los resultados obtenidos de calidad de dosificación de semillas reales e ideales en la velocidad de 337 semillas/minuto y en la de 1348 semillas/minuto se puede deducir que a bajas velocidades de semilla mayor uniformidad y a mayor velocidad de semilla menor uniformidad en cuanto a calidad de dosificación de semilla. El mejor comportamiento del dosificador neumático Max Emerge 7200 oscila entre las 330 hasta 1200 semillas/minuto con un porcentaje de llenado de celda del $100 \pm 5\%$ con un coeficiente de correlación del 87.8%, lo cual se puede deducir que el dosificador es muy eficiente para la agricultura de precisión dentro de este rango. En la figura (8) se muestra el sistema desarrollado para la evaluación de dosificadores en tiempo real. En el sistema se empleó un variador de frecuencia, software Labview versión 9.0, una tarjeta de National Instruments PCI-NI-6221, así como sensores opto electrónicos para el monitoreo de semilla y celdas del plato dosificador.



Figura 8. Sistema para la evaluación de dosificadores neumáticos en tiempo real

En la figura (9) se muestra ejemplo de los programas desarrollados en ambiente Labview para la evaluación de la calidad de dosificación de mecanismos de medición de semillas. Con este programa se simulan los cambios de prescripción de densidades de siembra además se registran los tiempos de entrega de semilla por los dosificadores evaluados permitiendo con esto verificar el porcentaje de llenado de celdas por efecto del cambio de dosificación así como la uniformidad de siembra.

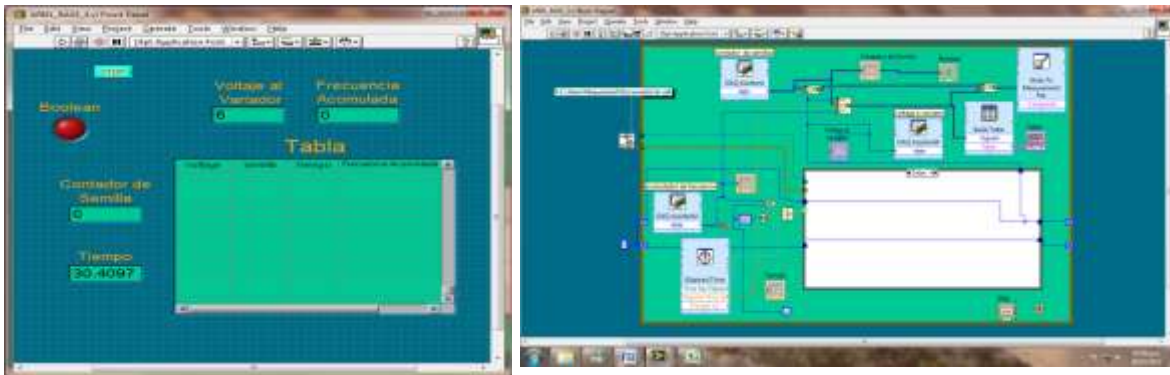


Figura 9. Programas desarrollados en ambiente Labview para la evaluación de la calidad de dosificación de mecanismos de medición de semillas.

En la figura (10) se muestran un ejemplo de la curva de calidad dosificación de un mecanismo neumático para semilla de frijol apreciándose su confiabilidad del 95 % en su funcionamiento hasta 1150 semillas por minuto a partir de ahí cae exponencialmente a menos del 70%.

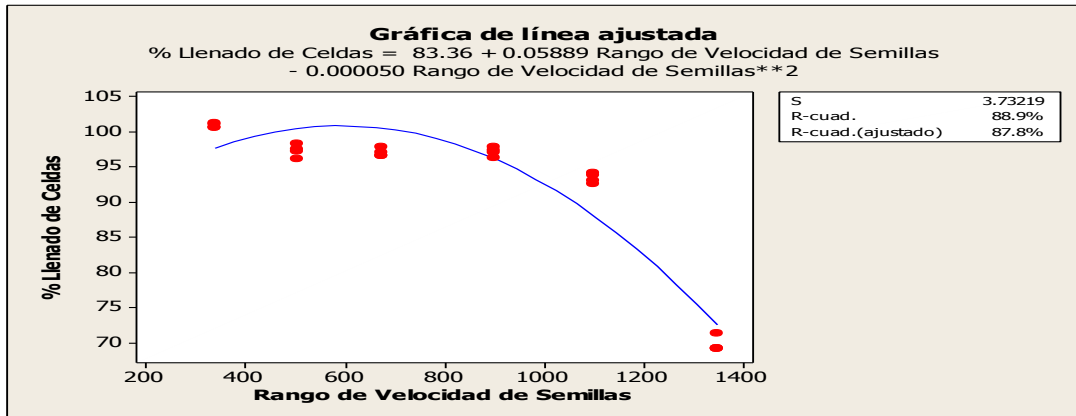


Figura 10. Curva de calidad dosificación de un mecanismo neumático para semilla de frijol

CONCLUSIONES

El Transductor integral desarrollado con dos sensores octagonal de anillo extendido con montaje ajustable en la parte inferior de la barra y un tercer sensor en la parte superior de la misma barra. Con una altura diferencial entre sensores que permite por medio de un análisis de sumas y restas de deformaciones producto de la magnitud y posición de las fuerzas de reacción del suelo a la labranza poder medir la fuerza de tiro, el momento y la transferencia de peso al eje trasero del tractor.

El carro porta sensores desarrollado con doble barra y sistema de control de profundidad, para serle acoplado diferentes sensores permite medir algunas de las propiedades físicas de suelos agrícolas, como son: Resistencia a la penetración y falla de suelo, permisividad así como requerimientos de energía de laboreo.

El sistema de evaluación de dosificadores de semilla de alta precisión permite monitorear la calidad y eficiencia de mecanismos dosificadores para servicio a la industria de la maquinaria agrícola, así como facilitar la enseñanza e investigación en los sistemas de dosis variables de semillas, con cambios en prescripciones de siembra

REFERENCIAS

Bonifaz del Carpio Alexander 2012 Evaluación de un transductor integral para determinar la magnitud de las fuerzas que actúan en los implementos de labranza Tesis de licenciatura. Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México

Gutiérrez Mariscal Jesús 2012. Sensores de diagnóstico aplicados a labranza para agricultura de precisión Tesis de licenciatura. Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México

López López Juan Antonio. 2012 *Evaluación de un sensor de permisividad eléctrica para agricultura de precisión* Tesis de licenciatura. Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México

Méndez Cifuentes Ariel 2012. Banco de Sembradoras Mecánica y Neumática para Agricultura de Precisión con Control Automático de Dosificación Variable en Tiempo Real Tesis de licenciatura. Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México

Pérez López Reynaldo. 2013. Banco de sembradoras mecánica y neumática con control automático de dosificación variable entiempo real para agricultura de precisión. Tesis de licenciatura. Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México

Ramos Rangel Oscar Nahum. 2010. Desarrollo de un transductor integral para determinar la Magnitud de las fuerzas que actúan en los implementos de labranza Tesis de licenciatura. Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

Rosaliano Ponce Nayn. 2012. Evaluación de un Simulador de Dosificación Variable de Semillas. Tesis de licenciatura. Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México

Velázquez Jiménez Ulber. 2011. *Rediseño de prototipo para labranza de precisión*. Tesis de licenciatura. Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México