

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/309323852>

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE UN DOSIFICADOR DE SEMILLAS DE PRECISIÓN

Conference Paper · October 2016

CITATION

1

READS

416

4 authors:



Gastón Bourges

Rosario National University

10 PUBLICATIONS 21 CITATIONS

SEE PROFILE



Sebastian Rossi

Rosario National University

1 PUBLICATION 1 CITATION

SEE PROFILE



Jorge Eliach

3 PUBLICATIONS 5 CITATIONS

SEE PROFILE



Mabel Azucena Medina

Rosario National University

22 PUBLICATIONS 115 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Diseño y evaluación de sistemas de siembra neumáticos [View project](#)



EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE UN DOSIFICADOR DE SEMILLAS DE PRECISIÓN

Gastón Bourges¹, Sebastián Rossi², Jorge J. Eliach³, Mabel A. Medina⁴

^{1,2,3} Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Ocampo y Esmeralda. 2000 Rosario, Argentina

¹ gbourges@inti.gob.ar.

² srossi@inti.gob.ar.

³ jeliach@inti.gob.ar.

⁴ Esc. Formación Básica. FCEIA-UNR. CIUNR, Pellegrini 250. 2000 Rosario, Argentina.
mmedina@fceia.unr.edu.ar.

RESUMEN

El presente trabajo se describen los ensayos realizados sobre un dosificador de semillas neumático por vacío, para siembra de precisión. Los ensayos se basan en la norma ISO 7256-1 [1]. Los ensayos se llevan a cabo en las instalaciones de INTI – Centro Regional Rosario, en un banco específicamente diseñado para emular el comportamiento de un dosificador. Las pruebas se realizan utilizando semillas de soja y girasol. Se evalúan los siguientes factores en la distribución espacial en línea de semillas:

- Nivel de semillas en tolva de alimentación del dosificador.
- Velocidad de avance de la sembradora: Dado que el banco de ensayos es estacionario, se emula la velocidad de avance de la sembradora con la velocidad de rotación del plato dosificador, modificándose esta última en función de cada velocidad de avance analizada.

La detección de semillas se realiza por medio de un sistema de censado de impacto. Cada vez que una semilla impacta sobre una placa de censado, se registra el instante temporal. Luego, la diferencia entre tiempos de aparición de cada semilla, afectada por la velocidad de avance de la máquina sembradora, define la distancia lineal entre ellas.

Palabras Claves: *Dosificador, siembra de precisión, ISO 7256, detección de semillas.*



FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI



Universidad Nacional de
Santiago del Estero
Facultad de Ciencias
Exactas y Tecnologías
Santiago del Estero - República Argentina

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Estado actual del conocimiento

La forma en que se dosifican los granos en la tierra puede ser mediante sistemas de siembra de precisión y de siembra a chorrillos. El primero de ellos es utilizado principalmente en cultivos en los cuales se requiere una separación mínima entre plantas, como por ejemplo los cultivos de maíz, sorgo, girasol, entre otros, y se caracterizan por un manejo de las semillas una por cada vez (dosificadores monograno). En el segundo sistema, la siembra a chorrillos en línea, se aplica a cultivos en los cuales la distancia entre plantas no es un factor decisivo, y una menor distancia entre las mismas se compensa con un menor tamaño de las mismas. Como ejemplo de cultivos que utilizan el sistema de siembra a chorrillos se pueden nombrar el trigo, el arroz, el centeno entre otros [2].

Las llamadas sembradoras de precisión, o plantadoras, permiten la ubicación con relativa exactitud de semillas equidistantes en el surco. En [3] se mencionan cuatro funciones básicas de las sembradoras de precisión: apertura de surco de profundidad controlada, dosificación de semillas en intervalos uniformes en el surco, tapado del surco y afirmar el suelo sobre las semillas. Uno de los métodos más comunes de dosificación de precisión de semillas, es con el uso de platos circulares. Estos últimos contienen orificios, ubicados a una distancia determinada del centro del plato y equiespaciados entre sí, donde se colocan las semillas. El tamaño y forma de los orificios depende del tipo y característica de la semilla dosificada. En todos los casos, el objetivo de los dosificadores de placas es que cada orificio sea ocupado por una sola semilla y, a medida que el plato gira, las mismas son liberadas al surco desde un sector específico del mecanismo. Es importante que las semillas lleguen al surco manteniendo la misma secuencia que en el dosificador. Se pueden distinguir dos tipos de sistemas de dosificadores de semillas de precisión [4]: Dosificadores mecánicos y Dosificadores de precisión neumáticos. Estos últimos pueden trabajar tanto con presión de aire positiva como negativa (por vacío). Los dosificadores asistidos por aire demandan menor precisión en sus componentes que los mecánicos, y tienen su fuerte en el uso de semillas de formas irregulares y no esféricas.

En los últimos años, muchos estudios se han realizado sobre el rendimiento de sembradoras de precisión. Estos estudios, en su mayoría experimentales, han revelado información acerca de las actuaciones de sembradoras, tanto en laboratorio y pruebas de campo. Según [5] el objetivo principal la siembra es ubicar las semillas a una determinada distancia y profundidad en la cama de siembra. Para ello, las sembradoras de precisión ubican las semillas en los lugares requeridos, otorgando a cada semilla una adecuada superficie disponible. [6] mencionan que las sembradoras



V CAIM 2016

V Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

XXXIII Reunión Científica Académica Nacional FoDAMI

5 al 7 de Octubre de 2016

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI



Universidad Nacional de
Santiago del Estero
Facultad de Ciencias
Exactas y Tecnologías
Santiago del Estero - República Argentina

de precisión por vacío cuentan con las siguientes ventajas: mejor calidad de trabajo, calibración de densidad de siembra más precisa con una menor tasa de daño de semillas, mayor simplicidad en el control, menor mantenimiento, menor dispersión de semillas y amplio espectro de aplicabilidad. Las prestaciones de estos equipos, en términos de calidad de distribución, son afectadas por diversos factores entre los cuales puede mencionarse: la velocidad de siembra, el tipo de dosificador, el mantenimiento y operación de la máquina, el régimen de giro de la placa de siembra, el nivel de vacío en sembradoras neumáticas, el tamaño y forma de los alvéolos, la agresividad del enrasador, la altura de descarga de la semilla respecto del fondo del surco, la geometría del tubo de bajada, los tratamientos sobre la superficie de la semilla, la uniformidad de la semilla y el tipo de abresurco [7]. En [8] evaluaron cinco configuraciones de plantadoras, para uniformidad espacial de semillas a tres velocidades de funcionamiento, utilizando un método de localización semilla en el campo y un método de laboratorio con sistema de sensor opto-electrónico. En su trabajo, sostienen que la variabilidad en la ubicación de la semilla puede estar dada por la falta de entrega, la entrega múltiple, la caída fuera del surco, el desplazamiento dentro del surco por rodado o el movimiento cuando son cubiertas con suelo.

En cuanto a métodos de ensayo y evaluación para sembradoras monograno, la norma ISO 7256/1 [1] describe los conceptos de entregas múltiples, cuando el espaciamiento entre semillas es inferior al cincuenta por ciento de la distancia teórica (o de referencia), y fallas o pérdidas, cuando la distancia entre semillas es superior al cincuenta por ciento de la distancia teórica, y aceptables cuando la distancia entre semillas se encuentra entre esos valores límites. En un cultivo, la densidad poblacional estará condicionada a la relación entre las entregas múltiples y las fallas que se registren. Una mayor proporción de una u otra determinará un incremento o una disminución de la densidad del cultivo respectivamente [7]. Entonces, la des-uniformidad en la línea de siembra estará condicionada por la dispersión respecto de la distancia de referencia, lo cual implica que una situación de acercamiento y/o de distanciamiento entre plantas la incrementará [9]. [7] concluye en su trabajo que, la variación de rendimiento por efecto de la calidad de distribución de plantas en la línea de siembra, es mejor explicada por la proporción de fallas y duplicaciones que por el desvío estándar de los distanciamientos en la línea de siembra. Por otro lado, [10] afirman que con la mejora en la uniformidad en el espaciamiento entre plantas, en un mismo surco, es de esperar una reducción en la competencia entre plantas, y el aumento del rendimiento a través de un uso más eficiente de la luz disponible, el agua y los nutrientes por las plantas.

Los autores de [11] desarrollaron un modelo matemático de un dosificador de semillas de precisión, por vacío, usando propiedades físicas de las semillas. El propósito de ese trabajo es encontrar la presión de vacío óptima. [12] investigó tanto numérica como experimentalmente el comportamiento de un dosificador de precisión por vacío para semillas de colza. En [13] se utiliza



una cámara de alta velocidad de obturación para evaluar la uniformidad en el espaciamiento entre semillas, y su velocidad de caída. En ese trabajo, los autores afirman que uno de los criterios más importantes de evaluación de las prestaciones de una sembradora de precisión es la uniformidad lograda en los distanciamientos entre semillas de la misma línea.

En [14] se realizaron ensayos sobre un dosificador neumático de presión positiva, utilizando semillas de soja. En las pruebas se utilizan una cámara de alta velocidad para estudiar las trayectorias de las semillas a lo largo del tubo de descarga. Estos datos se comparan con modelos numéricos de trayectorias de semillas. En un trabajo posterior [15], los autores realizaron ensayos sobre un dosificador neumático por vacío, analizando las trayectorias a lo largo del tubo de descarga, utilizando filmación con cámara de alta velocidad.

1.2.- Objetivo del presente trabajo

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento a nivel de laboratorio de un dosificador de semillas para siembra de precisión comercial, sometiéndolo a los ensayos definidos en la norma ISO 7256-1 [1]. Para los ensayos se utilizan semillas de soja y girasol.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del experimento

Los ensayos se llevan a cabo en las instalaciones de INTI – Centro Regional Rosario, en un banco específicamente diseñado para emular el comportamiento de un dosificador en el cuerpo de siembra de una sembradora (Figura 1).

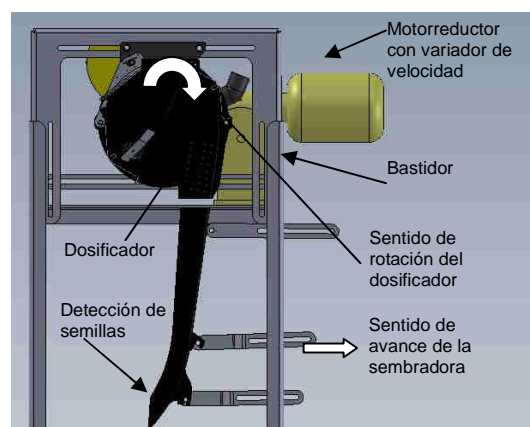


Figura 1: Banco de pruebas de dosificadores.



FoDAMI



Universidad Nacional de
Santiago del Estero
Facultad de Ciencias
Exactas y Tecnologías
Santiago del Estero - República Argentina

Se evalúa el comportamiento del dosificador en cuanto a la incidencia de los siguientes factores en la distribución espacial en línea de semillas:

- Nivel de semillas en tolva de alimentación del dosificador: La norma ISO 7256-1 establece que se debe verificar el comportamiento del equipo dosificador con diferentes niveles de carga de semillas en su tolva de alimentación. Para las semillas evaluadas, soja y girasol, se realizan pruebas con tres niveles de tolva (Tabla 1): 100 mm, 150 mm y 200 mm.
- Velocidad de avance de la sembradora: Dado que el banco de ensayos es estacionario, se emula la velocidad de avance de la sembradora con la velocidad de rotación del plato dosificador (en r.p.m.), modificándose esta última en función de cada velocidad de avance analizada (en km/h) como se muestra en Tabla 1.

Los ensayos se realizaron de acuerdo lo planteado en la norma ISO 7256-1 con la siguiente secuencia:

Tablas 1. Secuencia de ensayos de cada una de las semillas evaluadas.

Altura de tolva	Soja	Girasol
100 mm	35.7 r.p.m. (10 km/h)	12.5 r.p.m. (6 km/h)
150 mm	28.5 r.p.m. (8 km/h)	10.5 r.p.m. (5 km/h)
150 mm	35.7 r.p.m. (10 km/h)	12.5 r.p.m. (6 km/h)
150 mm	46.4 r.p.m. (13 km/h)	16.6 r.p.m. (8 km/h)
200 mm	35.7 R.P.M. (10 km/h)	12.5 R.P.M. (6 km/h)

Se realizaron 3 mediciones por cada uno de los experimentos planteados, promediando las mediciones de cada ensayo.

Para cada variedad de semillas se fija la distancia de referencia entre semillas y 3 velocidades de avance. Con el objetivo de emular las velocidades de avance de la sembradora sobre el banco de ensayo, para cada una de ellas se modifica la velocidad de rotación del plato del dosificador, con el fin de mantener constante la distancia de referencia. Estas distancias son de aproximadamente 33,33 cm para el girasol (equivalente a 3 semillas por metro) y 5,55 cm para soja (18 semillas por metro).

2.1.1 Descripción de banco de ensayos y método de detección de semillas

El banco de ensayos de dosificadores (Figura 1) consiste en una estructura de chapa plegada, que permite la sujeción del equipo dosificador. El banco cuenta con un motorreductor eléctrico que permite la rotación del plato de dosificación. La variación en la velocidad de rotación del plato dosificador se realiza por medio de un variador de frecuencia. La detección de semillas, y su



FoDAMI



Universidad Nacional de
Santiago del Estero
Facultad de Ciencias
Exactas y Tecnologías
Santiago del Estero - República Argentina

correspondiente espaciamento entre sí, se registra por medio de sistemas de placa de impacto. Las diferencias temporales entre cada detección de semilla es proporcional al espaciamento longitudinal entre semillas que habría en el surco, según la siguiente relación:

$$D_{\text{semillas}} = V_{\text{avance}} \times \Delta t \quad (1)$$

Dónde:

D_{semillas} es la distancia entre semillas expresada en metros (m).

V_{avance} es la velocidad de avance de la sembradora, en m/s.

Δt es la diferencia temporal entre cada detección de semillas, en segundos.

De este modo, definiendo una velocidad de avance de la sembradora para cada ensayo, puede obtenerse la distancia entre semillas en el surco. Del mismo modo, el equivalente a la distancia total de ensayo se obtiene multiplicando la duración del ensayo por la velocidad de avance, es decir:

$$L_{\text{Total Ensayo}} = V_{\text{avance}} \times T_{\text{ensayo}} \quad (2)$$

Las distancias entre semillas calculadas fueron procesadas de acuerdo a lo establecido en la Norma ISO 7256/1. En la misma, se establece una distancia de referencia (X_{ref}) definida por el fabricante del dosificador. Esta distancia de referencia, asociada a la velocidad de avance, da como resultado un tiempo de referencia (T_{ref}). Con los registro de tiempo obtenido mediante la placa de impacto se determinan las diferencias temporales entre impactos, que en adelante llamaremos delta de tiempo (ΔT). A través del cociente entre delta de tiempo y el tiempo de referencia se obtiene un valor adimensional $X_i = \frac{\Delta T_i}{T_{ref}}$ que la norma clasifica de la siguiente

manera:

$0 \leq x_i < 0.5 \Rightarrow$ Semillas dobles

$0.5 \leq x_i < 1.5 \Rightarrow$ Semillas simples

$1.5 \leq x_i < 2.5 \Rightarrow$ Semillas perdidas

$2.5 \leq x_i < 3.5 \Rightarrow$ Semillas perdidas dobles

$3.5 \leq x_i < \infty \Rightarrow$ Semillas perdidas triples

La sumatoria de eventos se realiza con el siguiente criterio:

$$n'_1 = \sum n_i (x_i \in \{0 \text{ a } 0.5\}) \quad (3.1)$$

$$n'_2 = \sum n_i (x_i \in \{> 0.5 \text{ a } \leq 1.5\}) \quad (3.2)$$



V CAIM 2016

V Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

XXXIII Reunión Científica Académica Nacional FoDAMI

5 al 7 de Octubre de 2016

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI



Universidad Nacional de
Santiago del Estero
Facultad de Ciencias
Exactas y Tecnologías
Santiago del Estero - República Argentina

$$n'_3 = \sum n_i (x_i \in \{ 1.5 a \leq 2.5 \}) \quad (3.3)$$

$$n'_4 = \sum n_i (x_i \in \{ 2.5 a \leq 3.5 \}) \quad (3.4)$$

$$n'_5 = \sum n_i (x_i \in \{ 3.5 a \leq \infty \}) \quad (3.5)$$

Los índices se calculan de la siguiente manera:

$$N = n'_1 + n'_2 + n'_3 + n'_4 + n'_5 \quad (4)$$

N es el número de distanciamientos totales

$$N' = n'_2 + 2n'_3 + 3n'_4 + 4n'_5 \quad (5)$$

N' es el número de distanciamientos

$$D = \frac{n'_1}{N'} \times 100 \quad (6)$$

D es el índice de semillas dobles

$$M = \frac{n'_3 + 2n'_4 + 3n'_5}{N'} \times 100 \quad (7)$$

M es el índice de semillas perdidas

$$A = \frac{N - 2n'_1}{N'} \times 100 \quad (8)$$

A es el índice de calidad de alimentación

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum n_i X_i^2}{n'_2} - \bar{X}^2} \quad \text{para} \quad X_i \in \{0.5 > a \leq 1.5\} \quad (9)$$

σ es la desviación estándar

$$\bar{X} = \frac{\sum n_i X_i}{n'_2} \quad \text{para} \quad X_i \in \{0.5 > a \leq 1.5\} \quad (10)$$

El espaciamiento promedio, y

$$C = \sigma \times 100 \quad (11)$$

C es el coeficiente de variación.

Los resultados y comparaciones se expresaran en función a estos 4 índices, [A], [C], [D] y [M].



3.- RESULTADOS

3.1 Variación de nivel de semillas en tolva

Para evaluar la incidencia del nivel de semillas en la tova de alimentación de semillas, se realizaron ensayos con dos niveles de tolva: un nivel mínimo de 100 mm, y un nivel máximo (200 mm).

3.1.1 Soja

Tablas 2. Resultados obtenidos con variación de nivel de tolva en soja.

Parámetros	Nivel de tolva	
	100 mm	200 mm
[A] Índice de calidad de alimentación	81,42%	81,30%
[D] Índice de semillas múltiples	12,40%	12,00%
[M] Índice de calidad de perdidas	6,18%	6,70%
[C] Coeficiente de variación	24,42%	24,36%

Los resultados de los ensayos realizados con dos niveles de semillas de soja en tolva no muestran cambios significativos en los resultados. Puede concluirse que el nivel de semillas en la tolva no incide en las variables analizadas.

3.1.2 Girasol

Tablas 3. Resultados obtenidos con variación de nivel de tolva en girasol.

Parámetros	Nivel de tolva	
	100 mm	200 mm
[A] Índice de calidad de alimentación	86,17%	81,30%
[D] Índice de semillas múltiples	9,92%	12,00%
[M] Índice de calidad de perdidas	3,91%	6,70%
[C] Coeficiente de variación	23,44%	24,36%

Al igual que el caso de la soja, los resultados de los ensayos realizados con dos niveles de semillas de girasol en tolva, no muestran cambios significativos en los resultados. Puede concluirse que el nivel de semillas en la tolva no incide en las variables analizadas.

3.2 Variación R.P.M.

Estas pruebas se realizan utilizando un nivel inicial de tolva fijo. Se adopta un nivel intermedio entre los utilizados en los ensayos anteriores, es decir, 150 mm.



3.2.1 Soja

Tablas 4. Resultados obtenidos con variación de régimen (v/min) y nivel de tolva de 150mm en soja

Parámetros	28,5 R.P.M.	35,7 R.P.M.	46,4 R.P.M.
[A] Índice de calidad de alimentación	86,17%	81,30%	76,40%
[D] Índice de semillas múltiples	9,92%	12,00%	13,60%
[M] Índice de calidad de perdidas	3,91%	6,70%	10,00%
[C] Coeficiente de variación	23,44%	24,36%	24,94%

Como puede visualizarse en la Tabla 4, disminuye el índice de calidad de alimentación [A] con el aumento de la velocidad de dosificación. Por el contrario, los índices [D] y [M] y coeficiente de variación [C] aumentan con el aumento de las R.P.M de dosificación. Es decir, el aumento de la velocidad de dosificación deteriora los parámetros evaluados, siendo más notorio para la velocidad máxima (46,4 R.P.M) donde el índice [A] disminuye cerca de 10%, el índice [D] aumenta un 37%, y el índice [M] aumenta más del 150% respecto a las pruebas con velocidad mínima. El coeficiente de variación [C], si bien aumenta su valor con el aumento de velocidad, no refleja el deterioro que sufren el resto de los índices analizados.

3.2.2 Girasol

Tablas 5. Resultados obtenidos con variación de R.P.M. y nivel de tolva de 150mm en girasol.

Parámetros	10,4 R.P.M.	12,5 R.P.M.	16,6 R.P.M.
[A] Índice de calidad de alimentación	97,63%	97,27%	96,48%
[D] Índice de semillas múltiples	1,11%	1,28%	0,97%
[M] Índice de calidad de perdidas	1,25%	1,45%	2,54%
[C] Coeficiente de variación	9,29%	9,77%	10,97%

En la Tabla 5 no se observan cambios significativos en los parámetros analizados. Existe una pequeña mejoría en el índice de alimentación [A], y disminución de los parámetros [C], [D] y [M] cuando la velocidad de rotación es la menor (10.4 R.P.M), pero en ningún caso esa variación es superior al 1%. De este modo podemos inferir que en el caso del girasol, la variación de la velocidad de dosificación dentro del rango evaluado, no tiene incidencia significativa en la dosificación de semillas.



FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI



Universidad Nacional de
Santiago del Estero
Facultad de Ciencias
Exactas y Tecnologías
Santiago del Estero - República Argentina

4.- CONCLUSIONES

4.1 Altura de tolva

Los ensayos realizados fueron realizados con dos niveles de semillas en tolva: 200 mm y 100mm. Los dos tipos de semillas ensayadas con esos niveles no muestran cambios significativos en los resultados. Puede concluirse que el nivel de semillas en la tolva, para el modelo de dosificador ensayado y el tipo de ensayos realizados, no incide en las variables analizadas.

4.2 Variación velocidad de dosificación (R.P.M.)

El aumento de la velocidad de dosificación (R.P.M.) en los ensayos arroja las siguientes conclusiones:

- El mayor detrimento de los parámetros [A], [C], [D] y [M] se registra en la soja, comparando los resultados de los ensayos para la velocidad máxima de 46.4 R.P.M y mínima de 28.5 R.P.M., donde las variaciones más notorias son: una disminución de casi el 10% en el índice [A] y aumento superior al doble en el caso del índice [M]. En el caso de la soja, las R.P.M fueron casi el triple de las utilizadas en el girasol.
- Para el girasol no se observan cambios significativos en los parámetros analizados cuando se aumentan las R.P.M.

5. REFERENCIAS

- [1] International Standard for Organization. ISO 7256/1. *Sowing equipment - Test methods - Part 1: Single seed drills (precision drills)*. Suiza: International Standard for Organization. 1984
- [2] Maroni, J. *Un concepto diferente en sembradoras: las AIR DRILL*. (F. d. Agrarias, Ed.) *Agromensajes*, 4(5). 2001.
- [3] Srivastava, A. K., Goering, C. E., Rohrbach, R. P., & Buckmaster, D. P. *Engineering Principles of Agricultural Machines* (2 ed.). (P. McCann, Ed.) St. Joseph, Michigan, EEUU: American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2006.
- [4] Billot, J. F., & Heege, H. Plant Production Engineering. CIGR, A. Stout, & B. Cheze (Edits.), *CIGR Handbook of Agricultural Engineering*. Vol. 3, págs. 217-240. St. Joseph, Michigan, EEUU: ASAE. 1999.
- [5] Ôzmerzi, A., Karayel, D., & Topakci, M. *Effect of Sowing Depth on Precision Seeder Uniformity*. *Biosystems Engineering*, 82(2), 227–230. 2002.
- [6] Soos, P., & Szule, Z. S. A comparative evaluation of modern sugar beet drills. *Bulletin of the University of Agricultural Science, Gödöllő*(1), 166-170. 1989.
- [7] D'Amico, J. P. *Desuniformidad de distribución espacial: Caracterización de su impacto sobre el rendimiento de maíz (Zea mays L.)*. Tesis de Magister Scientiae en Mecanización Agraria,



V CAIM 2016

V Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

XXXIII Reunión Científica Académica Nacional FoDAMI

5 al 7 de Octubre de 2016

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI



Universidad Nacional de
Santiago del Estero
Facultad de Ciencias
Exactas y Tecnologías
Santiago del Estero - República Argentina

Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales , La Plata.
2012.

- [8] Panning, J. W., Kocher, M. F., Smith, J. A., & Kachman, S. D. *Laboratory and field testing of seed spacing uniformity for sugarbeet planters*. Transactions of the ASAE, 16(1), 7-13. 2000.
- [9] Liu, W., Tollenaar, M., Stewart, G., & Deen, W. *Within-Row Plant Spacing Variability does not Affect Corn Yield*. (J. Guretzky, & E. Guertal, Edits.) Agronomy Journal, 96(1), 275-280. 2004.
- [10] Shubeck, F. E., & Young, H. G. (1970). *Equidistant corn planting*. Crops Soils Magazine, 22(6), 12-14. 1970
- [11] Karayel, D., Barut, Z. B., & Özmerzi, A. *Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Seeder*. Biosystems Engineering, 87(4), 437-444. 2004.
- [12] Zhan, Z., Yaoming, L., & Lizhang, X. *Numerical analysis and laboratory testing of seed spacing uniformity performance for vacuum-cylinder precision seeder*. Biosystems Engineering, 106(4), 344-351. 2010.
- [13] Karayel, D., Wiesehoff, M., Özmerzi, A., & Müller, J. *Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seed using high-speed camera system*. Computers and electronics in agriculture, 50(2), 89-96. 2006.
- [14] Bourges G., Nardón G., Medina M. 2011. *Evaluation of Seed Trajectories in a Pneumatic Dosage System*. XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011. BOKU, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria. ISBN 978-3-200-02204-1.
- [15] Bourges G., Nardón G., Medina M. 2012. *Laboratory study of the operation of a monograin vacuum metering system*. CIGR- AgEng. ISBN - 10 84-615-9928-4 / 13 978-84-615-9928-8. Valencia, España. 2012.