



Propuesta de implemento para la preparación localizada del suelo con doble hilera para caña de azúcar

Proposal of implement for the two-row localized soil ploughing for sugar cane

Ing. Yarian Reyes-Suarez*, Dr. C. Armando Eloy García de la Figal-Costales, Dr. C. Ernesto Ramos-Carbajal, Dr. Cs. Arturo Martínez-Rodríguez

Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. Actualmente es interés de la agricultura cañera cubana la introducción de métodos conservacionistas durante la preparación de suelos para la siembra de caña de azúcar. La preparación localizada del suelo efectuada exclusivamente en la zona de crecimiento radicular de los plántones, constituye una alternativa viable, tanto desde el punto de vista de la conservación del suelo, como de economía de recursos energéticos que se dedican a la preparación de grandes extensiones de tierra. En este sentido, ha sido objeto de desarrollo un apero con una hilera de cuatro órganos escarificadores de alas, escalonados de menor a mayor profundidad, dejando un perfil trapezoidal en el plano transversal del suelo desterronado, según las exigencias de la siembra. El objetivo del trabajo es proponer un apero para la preparación localizada del suelo con doble hilera para caña de azúcar.

Palabras clave: plantación, caña de azúcar, diseño, preparación suelo.

ABSTRACT. Currently it is an interest of Cuban sugarcane agriculture the introduction of conservationist methods during soil farming for the sowing of sugarcane. The localized ploughing of the soil done exclusively in the area of root growth of the seedlings is a viable alternative, both from the point of view of soil conservation, as well as the economics of energy resources dedicated to the preparation of large areas. With this aim, an implement has been developed having a row of four scarifiers, staggered from lower to greater depth, leaving a trapezoidal profile in the transverse plane of the soil removed, according to the demands for sowing. The objective of the work is to propose an implement for the localized ploughing of the soil with double row for sugarcane.

Keywords: plantation, sugar cane, design, soil preparation.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales, creciendo significativamente las exportaciones entre los años 2000 y 2011, fundamentalmente en Brasil, que pasó de exportar 6 500 000 t en

2000 a 25 500 000 t en 2011, siendo el mayor exportador mundial de azúcar, seguido por México, Guatemala y Colombia. En el año 2000 Cuba era el segundo mayor exportador de azúcar en la región, registrando 3 500 000 t, cayendo en 2011 a 648 000 t según FAO

*Autor para correspondencia: Yarian Reyes Suarez, e-mail: yarian@unah.edu.cu

Recibido: 27/06/2017.

Aceptado: 21/12/2018.

(2014), manifestándose en los últimos años una disminución significativa de la producción de azúcar, entre otros factores, debido a los bajos rendimientos agrícolas, por lo que se ha considerado necesario realizar cambios en las prácticas agrícolas actuales (Herrera *et al.*, 2003; Leyva *et al.*, 2007; Betancourt *et al.*, 2008). Entre las que se ejecuta el cambio del marco de siembra tradicional al de surcos de doble hilera (Romer *et al.*, 2009; Gómez *et al.*, 2011; Ullah *et al.*, 2016; Guru *et al.*, 2017). Paralelamente se desarrollan equipos que se adapten a estos nuevos sistemas de plantación, incluyendo los destinados a la preparación de los suelos para la siembra.

Cruz *et al.* (2018) plantean que en la actualidad las tecnologías que se emplean para la preparación del suelo son: la tecnología convencional y la conservacionista. Esta última se basa fundamentalmente en la preparación localizada del suelo efectuada exclusivamente en la zona de crecimiento radicular de los plántones, constituyendo una alternativa viable, tanto desde el punto de vista de la conservación del suelo, como de economía de recursos energéticos que se Como parte del proyecto nacional *Incremento de la efectividad de los procesos mecanizados en la producción de caña de azúcar en la Unidad Empresarial de Base "Héctor Molina Riaño"*, perteneciente al programa: Desarrollo de la Agroindustria Azucarera, que ejecuta el Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA) de la Universidad Agraria de La Habana, se realiza la tarea: *Desarrollo y evaluación de apero de preparación localizada del suelo*, requiriéndose durante el proceso de diseño de este equipo, efectuar determinados análisis relacionados con la succión y estabilidad, para lo cual se ha desarrollado un método analítico y un software que facilita estos análisis, evitando el empleo de engorrosos métodos gráficos tradicionales, basados en la elaboración de polígonos de fuerza y de rayos, que dificultan la evaluación de múltiples variantes, cuyo objetivo de la primera etapa es elaborar la documentación técnica del prototipo, para lo cual

es indispensable realizar el diseño previo del mismo, al no estar establecidos los aperos requeridos para la preparación localizada del suelo destinado a la siembra de caña de azúcar en doble hilera.

MÉTODOS

Metodología a aplicar para el diseño del apero

Para el diseño del apero, según Pahl *et al.* (2007), se consideran las dos primeras fases del proceso de diseño (sin los diseños de materialización y de detalle):

1. Esclarecimiento de la tarea: elaboración de la Tarea Técnica;
2. Diseño conceptual: sucesivas interacciones de procesos de síntesis, análisis y optimización, con el orden siguiente: identificar los problemas esenciales; la estructuras de función; la función global y las subfunciones; búsqueda de principios de solución para satisfacer las subfunciones; combinación de los principios de solución para satisfacer la función global; selección de combinaciones convenientes; conformación de variantes de concepto; evaluación de éstas con criterios técnico-económicos (Christophe *et al.*, 2010; Bordegoni y Rizzi, 2011);
3. Diseño de materialización: con solo la etapa del trazado preliminar. Se elaboró un listado de los criterios a emplear para la evaluación (Tabla 1). A cada uno de los criterios de evaluación se asignó un nivel de ponderación, considerando la importancia relativa de cada uno de ellos. Los criterios con mayor ponderación correspondieron a los relativos al cumplimiento de la función principal del apero, los costos y las condiciones de trabajo (Álvarez, 2016). En consulta con expertos y teniendo en cuenta los trabajos anteriores realizados con otros tipos de equipos agrícolas se asignaron los valores de ponderación para los diferentes criterios de evaluación, otorgándose valores cuantitativos, según la escala de valores de 0 a 10 (Tabla 2).

TABLA 1. Carta de evaluación: criterios para la evaluación de las variantes en el diseño conceptual

Criterio	Aspectos a controlar	Ponderación
Función principal	El desterronamiento del suelo garantizando las especificaciones agrotécnicas para la plantación de caña de azúcar en doble hilera; perfil trabajado	
Funciones auxiliares	El perfil transversal del surco preparado permita que el surcador remueva el suelo sin desprendimiento de granos de suelos dentro del mismo	
Requerimientos de potencia	Minimizar la potencia necesaria para realizar la labor garantizar las especificaciones agrotécnicas para la plantación de caña de azúcar en doble hilera	
Costos	Minimizar los costos en el diseño garantizando su previo funcionamiento	
Principio de trabajo	Cumplir con la inclinación, la profundidad y el desterronamiento requerido	
Trazado, diseño de formas y selección de materiales	Garantizar: simplicidad tecnológica, adecuada durabilidad (resistencia), deformaciones permisibles, adecuada estabilidad, expansiones térmicas indeseables, aceptable corrosión y desgaste de acuerdo a la vida de servicio y cargas previstas	
Producción	Facilitar el proceso de producción	
Zonas de seguridad > 50 mm	Poseer una zona de seguridad de la superficie del surco con respecto a la ruedas traseras del tractor	
Seguridad	Lograr la máxima seguridad de cada uno de sus componentes	
Ergonomía	Facilitar la interacción hombre-maquina	
Ensamblaje	Facilitar el ensamble de cada uno de los componentes en el equipo	
Mantenimiento	Facilitar la realización de los mantenimientos y reparaciones requeridas	

TABLA 2. Escala de valores. Sistema de 0 a 10

Puntos	Significación	Puntos	Significación
0	Absolutamente ineficaz	6	Buena con lunares
1	Muy inadecuada	7	Buena
2	Poco convincente	8	Muy buena
3	Aceptable	9	Excede requerimientos
4	Adecuada	10	Ideal
5	Satisfactoria		

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tarea Técnica

Denominación y alcance. Apero para la preparación localizada del suelo destinado a la siembra de caña de azúcar en doble hilera.

Base para la elaboración. Sobre la base del escarificador escalonado con variación de dimensiones en las saetas desarrollado por (Albóniga, 2015).

Objetivos de la elaboración. La modificación del escarificador escalonado con variación de dimensiones en las saetas para la preparación de suelo en plantación de doble hilera para la caña de azúcar.

Fuente para la elaboración. Para incrementar los rendimientos y disminuir la degradación del suelo se comienza la plantación de caña en doble hilera, con preparación localizada del suelo, no existen los aperos que satisfagan las especificaciones agrotécnicas y sobre la base de las investigaciones de Albóniga (2015), se

espera la realización de las variantes para obtener un implemento que pueda cumplir lo antes mencionado.

Principales requisitos técnicos. a) cumplir con el desterronamiento y la profundidad según las especificaciones agrotécnicas para la plantación de caña de azúcar (Betancourt *et al.*, 2007, 2008, 2012; Domínguez *et al.*, 2014); b) roturar el área con la cual se va a enfrentar el surcador en la plantación de doble hilera (Domínguez *et al.*, 2014; Albóniga, 2015); c) sin adición de materiales especiales en forma excesiva y evitando el uso de materiales deficitarios; d) poseer simplicidad tecnológica, adecuada durabilidad (resistencia), deformaciones permisibles, adecuada estabilidad, expansiones térmicas indeseables, aceptable corrosión y desgaste de acuerdo a la vida de servicio y cargas previstas; e) zona de seguridad de la superficie del surco con respecto a las ruedas traseras del tractor de > 50 mm; f) resistencia a la tracción ≤ 36 kN; g) cumpla con la forma del perfil adecuado para la plantación de caña de azúcar; h) ancho en la base del perfil transversal trabajado de 600 mm con el objetivo de permitir el crecimiento del sistema radicular lateral; i) facilitar los mantenimientos técnicos y reparaciones.

Diseño conceptual del apero

Problema esencial: “Diseño de apero acoplado a tractor para la preparación localizada del suelo, destinado a la siembra de caña de azúcar en doble hilera”.

Función global: Desfragmentar el suelo en la zona a la cual se enfrentara el surcador posteriormente y su diagrama de estructura de funciones (Figura 1).

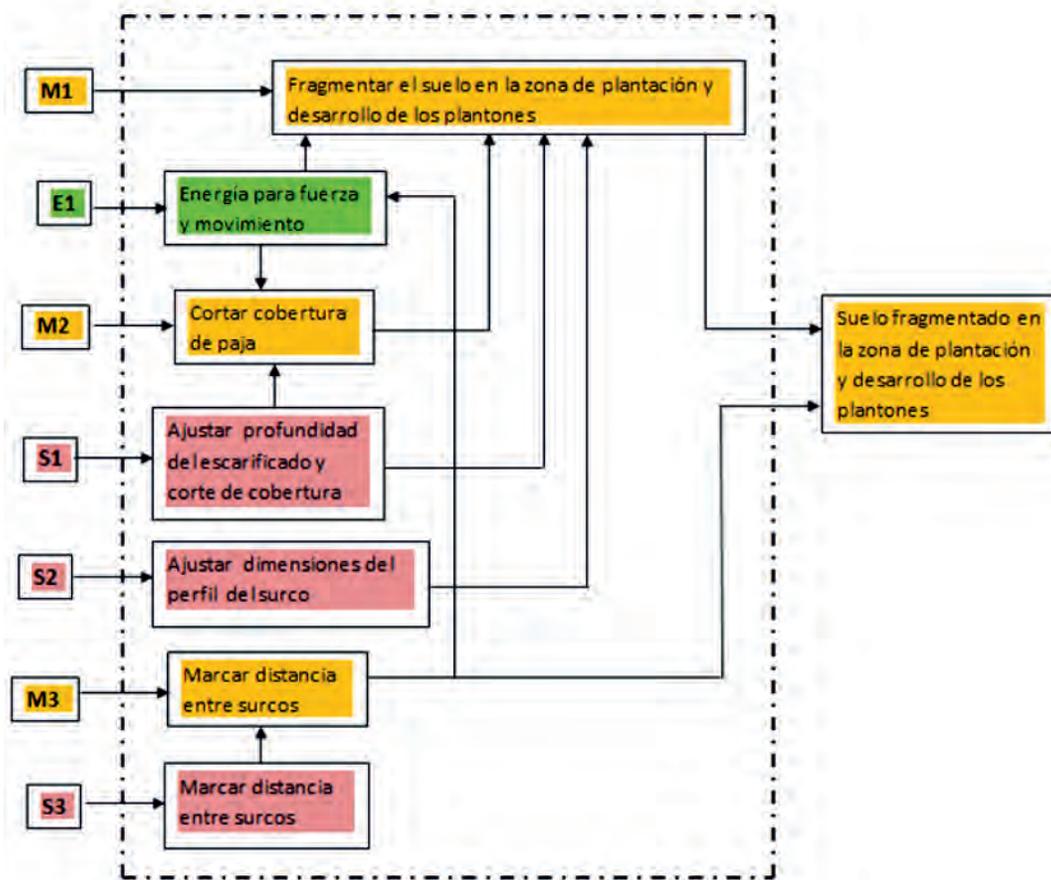


FIGURA 1. Estructura de funciones del apero de preparación del suelo. M – flujo de masas; E – flujo de energía; S - flujo de señales.

Principios de solución se reflejan en la Matriz morfológica (Figura 2), según el criterio colegiado con un grupo de especialistas del CEMA, donde las líneas quebradas (roja, naranja y gris) señalan combinaciones seleccionadas para tres variantes posibles y la estrella verde sirve tanto para el sistemas de siembra de base ancha como para el tradicional y la estrella azul para el sistema de siembra de base ancha, donde: variante 1 (gris) para dos hileras de órganos con saetas múltiples escalonados y variación en su ancho, variante 2 (naranja) para una hilera de rejas con órganos múltiples escalonados y variación en su ancho, mediante brazos intercambiable; variante 3 (roja) para una hilera de órganos con saetas múltiples escalonados y variación en su ancho, mediante rejas intercambiables.

Evaluación y selección de las variantes de diseño conceptual. Como criterios de evaluación de las variantes de diseño conceptual fueron definidos los siguientes:

1. Cumplimiento de funciones: 1.1 Buen cumplimiento de las funciones; 2. Principio de funcionamiento: 2.1. Simplicidad de funcionamiento, 2.2. Efecto adecuado, 2.3. Pocos factores perturbadores; 3. Costos: 3.1. Pocos componentes y de fácil

adquisición, 3.2. Bajos costos de fabricación, 3.3. Bajos costos de operación, 3.4. Bajo consumo de energía; 4. Diseño y construcción. 4.1. Diseño sencillo, 4.2. Fácil fabricación, 4.3. Fácil montaje; 5. Seguridad: 5.1. Segura para el operador, 5.2. Seguridad ambiental; 6. Operación: 6.1. Manipulación y operación sencilla, 6.2. Procedimiento de regulación simple, 6.3. Reparación sencilla, 6.4. Fácil mantenimiento, 6.5. Alta fiabilidad.

Los criterios de evaluación se ordenan jerárquicamente en un árbol de objetivos (Tabla 3), con valores de 0 a 10 (Tabla 4), para cada variante en cada sub-objetivo (Tabla 5) y en la Tabla 6, la determinación del valor total mediante las expresiones sin ponderación y ponderadas, según los criterios de evaluación. De la comparación entre ellas, la variante 3 es la de mayor valor de evaluación (rating), con las dimensiones de las Figuras 3 y 4, y perfil de suelo en la Figura 5, la cual cumple con las exigencias técnicas y los parámetros agrotécnicos de la siembra de caña de azúcar en doble hilera establecidas anteriormente con: una zona de seguridad de 156 mm; distancia entre órganos de 600 mm; profundidad de trabajo del último órgano de 300 mm y 600 mm de ancho en la base del perfil transversal del surco.

Soluciones		1	2	3	4
Subfunción					
1	Cortar cobertura	Disco plano pasivo	Disco plano activo	Disco plano dentado activo	Disco plano dentado pasivo
2	Fragmentar suelo	Un órgano que promueva todo el perfil	una hilera de rejas con saetas de ancho uniforme, múltiples y escalonadas	una hilera de rejas con saetas múltiples escalonadas y variación en su ancho	Dos hileras de rejas con saetas múltiples escalonados y variación en su ancho
3	Marcar distancia entre surcos	Fijación de pata con tornillos a barra transversal con orificios	huella de ruedas del tractor	Acople de pata a barra transversal mediante grapas	
4	Ajustar y Limitar profundidad de trabajo	Neumáticos con regulación de altura	Ruedas metálicas con regulación de altura	Con disco cortapaia	Disco cortapaia con aro limitador integrado
5	Dimensiones del perfil del surco	Brazos intercambiables	Rejas intercambiables	Sin bartación de su ancho	
6	Energía para cortar cobertura	Tracción del tractor	Tracción del tractor y árbol toma de fuerza	Tracción del tractor y Sistema Oleohidráulico	
7	Energía para el tiro del implemento	Tracción del tractor			
8	Energía para fragmentar suelo	Tracción del tractor	Tracción del tractor y árbol toma de fuerza	Tracción del tractor y Sistema Oleohidráulico	
9	Pasar a posición de transporte y trabajo	Sistema de arrastre con mecanismo de levantamiento	Sistema suspendido en tres puntos	Sistema semi-suspendido	

FIGURA 2. Matriz morfológica de subfunciones y soluciones.

TABLA 3. Estructura del árbol de objetivos

Cumplimiento de funciones	0,25	Buen cumplimiento de las funciones	1,0	0,25
Principio de Funcionamiento	0,10	Simplicidad de funcionamiento	0,30	0,03
		Efecto adecuado	0,35	0,035
		Pocos factores perturbadores	0,35	0,035
Costos	0,25	Pocos componentes y de fácil adquisición	0,25	0,0625
		Bajos costos de fabricación	0,25	0,0625
		Bajos costos de operación	0,25	0,0625
		Bajo consumo de energía	0,25	0,0625
Diseño y Construcción	0,10	Diseño sencillo	0,25	0,025
		Fácil fabricación	0,4	0,04
		Fácil montaje	0,35	0,035
Seguridad	0,10	Seguridad para el operador	0,40	0,04
		Seguridad ambiental	0,60	0,06
Operación	0,20	Manipulación y operación sencilla	0,20	0,04
		Procedimiento de regulación simple	0,20	0,04
		Reparación sencilla	0,15	0,03
		Fácil mantenimiento	0,15	0,03
		Alta fiabilidad y larga vida útil	0,30	0,06
	1,0		1,0	

TABLA 4. Escala de valores. Sistema de 0 a 10

Escala para asignación de valores de 0 al 10			
0	Absoluto (ineficaz)	6	Buena con lunares
1	Muy inadecuada	7	Buena
2	Poco convincente	8	Muy buena
3	Aceptable	9	Excede requerimientos
4	Adecuada	10	Ideal
5	Satisfactoria		

TABLA 5. Carta de evaluación

Criterio de Evaluación	Parámetros	Variante 1			Variante 2			Variante 3				
		Magnitud	Val.	Val.P	Magnitud	Val.	Val.P	Magnitud	Val.	Val.P		
No.	Wi	Mi1	Wij	Wij.Vij	Mi2	Wij	Wij.Vij	Mi3	Wij	Wij.Vij		
1	Buen cumplimiento de funciones	0,25	-	Muy buena	7	1,75	Muy buena	8	2	Muy buena	8	2
2			Principio de funcionamiento									
	Simplicidad de funcionamiento	0,03	-	Muy buena	8	0,24	Buena con lunares	6	0,18	Buena con lunares	6	0,18
	Efecto adecuado	0,035	-	Buena	7	0,245	Buena	7	0,245	Buena	7	0,245
	Pocos factores perturbadores	0,035	-	Muy buena	8	0,28	Muy buena	8	0,28	Muy buena	8	0,28

Criterio de Evaluación	Parámetros	Variante 1			Variante 2			Variante 3				
		Magnitud	Val.	Val.P	Magnitud	Val.	Val.P	Magnitud	Val.	Val.P		
3	Costos											
	Pocos componentes y de fácil adquisición	0,063	-	Adecuada	4	0,25	Satisfactoria	5	0,313	Muy buena	8	0,5
	Bajos costos de fabricación	0,063	-	Satisfactorio	5	0,3125	Buena con lunares	6	0,375	Muy buena	8	0,5
	Bajos costos de operación	0,063	-	Muy buena	8	0,5	Muy buena	8	0,5	Muy buena	8	0,5
	Bajo consumo de energía	0,063	-	Buena	7	0,4375	Muy buena	8	0,5	Muy buena	8	0,5
4	Diseño y construcción											
	Diseño sencillo	0,025	-	Buena con lunares	6	0,15	Buena	7	0,175	Muy buena	8	0,2
	Fácil fabricación	0,04	-	Buena con lunares	6	0,24	Buena	7	0,28	Muy buena	8	0,32
	Fácil montaje	0,035	-	Buena con lunares	6	0,21	Buena	7	0,245	Muy buena	8	0,28
5	Seguridad											
	Alta seguridad para el operador	0,04	-	Ideal	10	0,4	Buenas con lunares	6	0,24	Muy buena	8	0,32
	Buena Seguridad ambiental	0,06	-	Muy Buena	8	0,48	Muy buena	8	0,48	Muy buena	8	0,48
6	Operación											
	Manipulación y operación fácil, simple	0,04	-	Muy buena	8	0,32	Buena con lunares	6	0,24	Buena	7	0,28
	Procedimiento de regulación sencillo	0,04	-	Muy buena	8	0,32	Buena con lunares	6	0,24	Buena	7	0,28
	Fácil reparación	0,03	-	Buena con lunares	6	0,18	Buena	8	0,24	Buena	8	0,24
	Fácil mantenimiento	0,03	-	Buena con lunares	6	0,18	Buena	7	0,21	Buena	7	0,21
	Alta fiabilidad y vida útil	0,06	-	Buena con lunares	6	0,36	Muy buena	8	0,48	Buena	7	0,42
	$\sum W_i=1$	1			124	6,86		126	7,22		137	7,74

TABLA 6. Determinación del valor total

Determinación del valor total	
Sin ponderación	$V_j = \sum_{i=1}^n v_{ij}$
Variante 1	124
Variante 2	126
Variante 3	137
Ponderado	$w \cdot v_j = \sum_{i=1}^n w_i \cdot v_{ij}$
Variante 1	6,86

Determinación del valor total	
Variante 2	7,22
Variante 3	7,74

TABLA 7. Comparación entre las variantes para determinar la de mayor "rating"

Sin ponderación	Variante 1	Variante 2	Variante 3
$R_j = \frac{V_j}{V_{max} * n}$	0,689	0,70	0,761
Con ponderación	Variante 1	Variante 2	Variante 3
$R_j = \frac{W * V_j}{V_{max} * \sum_{i=1}^n W_i}$	0,685	0,722	0,773

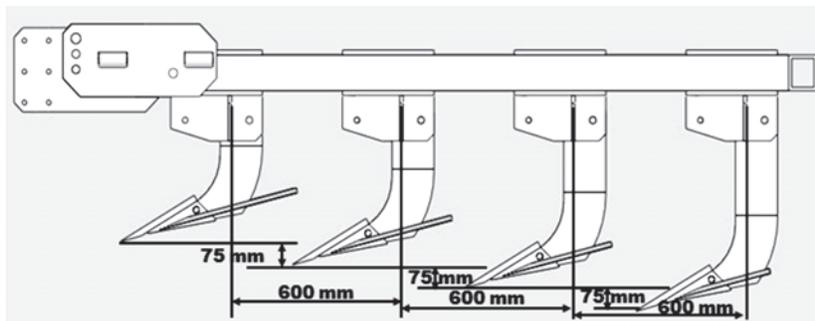


FIGURA 3. Distancia entre órganos y profundidad de trabajo (variante 3).

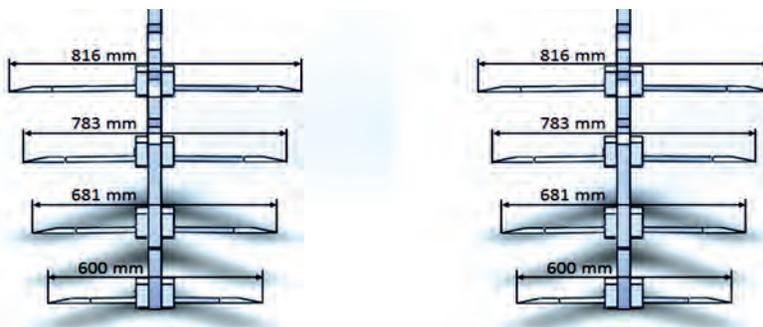


FIGURA 4. Ancho de las saetas en cada uno de los órganos de la variante 3.

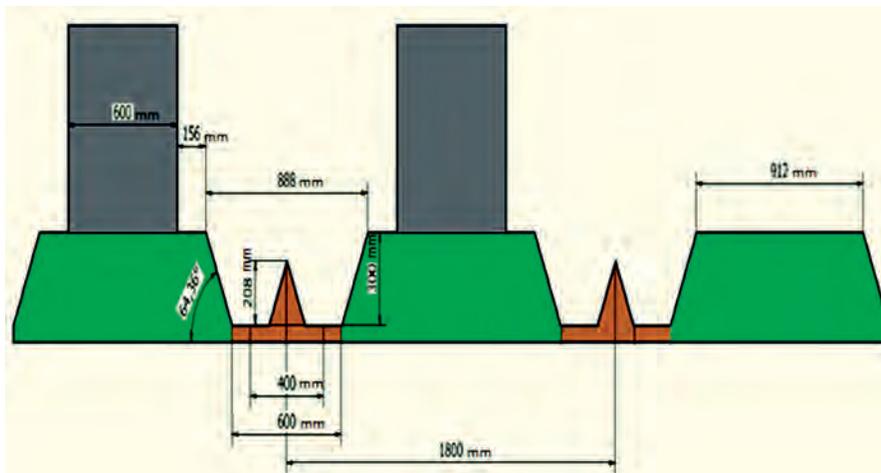


FIGURA 5. Perfil de suelo formado por la variante 3.

CONCLUSIONES

- La matriz morfológica de subfunciones y soluciones arrojó tres variantes difiriendo entre estas en cuanto a cantidad de hileras de órgano y en cuanto a la forma de variar el marco de siembra.
- El implemento formado por una hilera de órgano y con posibilidad de variar el marco de siembra según el intercambio de las saetas (Variante 3) fue el seleccionado con un rating sin ponderación de 0,761 y con ponderación de 0,773.
- La variante seleccionada posee una zona de seguridad de 156 mm; distancia entre órganos de 600 mm; profundidad de trabajo del último órgano de 300 mm y 600 mm de ancho en la base del perfil transversal del surco. Cumpliendo con los parámetros agrotécnicos de la siembra de caña de azúcar en doble hilera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBÓNIGA, G.R.A.: "Apero para la roturación y surcado basado en el principio de la herramienta brocha mecánica", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(Especial): 31-36, 2015, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- ÁLVAREZ, C.A.: *Método para el diseño conceptual mecánico basado en la trazabilidad de los requerimientos funcionales (Tesis de Doctorado)*, [en línea], Ed. Editorial Universitaria, 2016, ISBN: 978-959-16-3479-5, Disponible en: <http://eduniv.mes.edu.cu/>.
- BETANCOURT, R.Y.; GARCÍA, I.; LÓPEZ, D.; CABRERA, A.; RODRÍGUEZ, O.M.: "Efectos de la tecnología de preparación de suelos pesados sobre la brotación de malezas en caña de azúcar", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(2): 78-81, 2008, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- BETANCOURT, R.Y.; GUTIÉRREZ, M.A.; GARCÍA, R.I.; PONCE, J.L.: "Fragmentación del suelo para la plantación de la caña de azúcar en cantero", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(3): 41-44, 2012, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- BETANCOURT, Y.; RODRÍGUEZ, O.M.; GUTIÉRREZ, A.; VELARDE, E.; GARCÍA, I.: "Evaluación del mullido y el perfil descompactado de diferentes tecnologías de laboreo mínimo en suelos arcillosos pesados del norte de Villa Clara", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(1): 70-73, 2007, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- BORDEGONI, M.; RIZZI, C.: *Product Virtualization: An Effective Method for the Evaluation of Concept Design of New Products*, [Innovation in Product Design From CAD to Virtual Prototyping], Ed. Springer-Verlag London, New York, 2011, ISBN: 978-0-85729-775-4.
- CHRISTOPHE, F.; BERNARD, A.; COATANÉA, É.: "RFBS: A model for knowledge representation of conceptual design", *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 59(1): 155-158, 2010, ISSN: 0007-8506.
- CRUZ, D.M.; HERRERA, S.M.; PITA, F.M.Á.; PEDRAZA, G.L.: "Diseño de un nuevo apero para la labranza conservacionista de los suelos cañeros", *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(1): 47-53, 2018, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-876.
- DOMÍNGUEZ, C.; ALBÓNIGA, G.R.; IGLESIAS, C.C.: "Evaluación en condiciones de laboratorio de la calidad de labor de cuatro órganos escarificadores colocados de forma escalonada con ancho de trabajo decreciente", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1): 11-17, 2014, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- FAO: *Anuario Estadístico de la FAO*, Ed. FAO, Alimentar al mundo ed., Rome, Italy, 2014, ISBN: 978-92-5-308149-3.
- GÓMEZ, S.; PLATERO, B.; ROSSI, I.; PRIETO, J.: "Plantación de la caña de azúcar en surcos de base ancha", *ATAC*, 72(3): 33-38, 2011, ISSN: 0138-7553.
- GURU, P.; RAMESH, K.; SINGH, V.D.; AMIT, K.; RAKESH, C.; AFZAL, A.: "Effect of planting methods on cane yield, water productivity and economics of spring planted sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in Ambala (Haryana)", *International Journal of Agricultural Engineering*, 10(1): 186-190, 2017, ISSN: 0976-7223.
- HERRERA, S.M.; IGLESIAS, C.C.; RODRÍGUEZ, O.; GONZÁLEZ, C.; MADRUGA, R.: "Descompactación poscosecha de los vertisuelos mediante el empleo de escarificadores alados", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 12(1): 7-12, 2003, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- LEYVA, S.O.; PANEQUE, R.P.; VIDAL, Y.; PARRA, S.L.; ORTIZ, A.: "Efecto de seis tecnologías de laboreo de conservación sobre un suelo aluvial", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(1): 77-80, 2007, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.H.: *Conceptual Design*, ser. Engineering Design: A Systematic Approach, Ed. Springer-Verlag London, 3ra ed., Berlin, Alemania, 159-225 p., 2007, ISBN: 978-1-84628-319-2.
- ROMER, E.; DIGONZELL, P.; SCANDALIARI, J.: *Caña semilla de alta calidad*, Ed. EEAOC (Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres), Manual del cañero, 1era edición ed., Tucumán, Argentina, 49-56 p., 2009, ISBN: 978-987-21283-7-1.
- ULLAH, S.; ANJUM, S.A.; RAZA, M.M.; RIAZ, A.; ABBAS, A.; YOUSIF, M.M.; MA, J.; LIU, Y.; ZHANG, J.; CHENG, D.: "Optimizing Row Spacing to Ameliorate the Productivity of Spring Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)", *Agricultural Sciences*, 7(08): 531, 2016, ISSN: 2156-8561.

Yarian Reyes Suarez, Adiestrado, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: yarian@unah.edu.cu

Armando Eloy García de la Figal Costales, e-mail: areloy@unah.edu.cu

Ernesto Ramos Carbajal, e-mail: erc670819@gmail.com

Arturo Martínez Rodríguez, e-mail: arturo@unah.edu.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.