



DOI: <http://dx.doi.org/10.1013140/RG.2.2.17376.48640>

# Software para la modelación del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar

## *Software for the models of the automated system of sugar cane harvest and transport*

M.Sc. Héctor R. de las Cuevas-Milán, Dr.C. Idaris Gómez-Ravelo, Dr.C. Mario I. Herrera-Prat,  
M.Sc. Francisco Salguero-Santana

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

**RESUMEN.** El sistema automatizado SMCTCA, realiza una modelación analítica del proceso tecnológico del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar, determinando los indicadores, de explotación y económicos para diferentes condiciones de trabajo y medios técnicos disponibles. Con los resultados obtenidos de este software, es posible definir las combinaciones más racionales de cosechadoras y medios de transporte, para diferentes distancias del campo al basculador del central. El sistema automatizado fue elaborado en EXCEL para Windows y ha sido utilizado en la determinación de las variantes más racionales económicamente, para el sistema mecanizado compuesto por la cosechadora CASE IH AUSTOFT A-7000 con dos y cuatro camiones con remolque del tipo BEIBENZ, para diferentes distancia del campo al basculador del central azucarero.

**Palabras clave:** Costo, proceso tecnológico, cosechadora.

**ABSTRACT.** The software SMCTCA models analytically the technological process of the mechanized system of sugar cane harvest and transport, determining the operation and economic indicators, for different work conditions and available technical means. With the obtained results of this software, it is possible to define the most rational combinations of harvester machines and means of transport, for different distances from the field to the sugar mill. The automated system was elaborated in EXCEL for Windows and it has been used economically in the determination of the most rational variants, for the mechanized system composed by the CASE IH AUSTOFT A-7000 harvester machine with two and four trucks with BEIBENZ type trailer, for different distances from field to sugar mill.

**Keywords:** Cost, technological process, harvester machine.

## INTRODUCCIÓN

En Cuba la caña puede y debe continuar siendo uno de los pilares económicos del país, tanto por su potencial de aporte económico, como por su importancia social y el efecto inducido en el desarrollo de otros sectores de la economía cubana<sup>1</sup>.

No obstante existe un grupo de deficiencias que afectan el proceso tecnológico del sistema mecanizado de cosecha, transporte y recepción de la caña de azúcar, tales como; rendimientos agrícolas bajo (menores de 40 t/ha), inadecuada composición de cosechadoras y medios de transporte

## INTRODUCTION

In Cuba the sugar cane can and must continue being one of the economic pillars of the country, both for its potential economic contribution and its social importance and the effect induced in the development of other sectors of Cuban economy.

However, there is a number of deficiencies that affect the technological process of mechanized harvesting, transporting and receiving sugar cane, such as low agricultural yields (less than 40 t / ha), inadequate composition of harvesting machines

<sup>1</sup> NLANG, A.N.: Evaluación de la cosecha mecanizada en la caña de azúcar con dos modelos de combinadas (Cameco (CH-3500) y Case IH Austoft (A7000)) en la empresa azucarera Héctor Molina Riaño, UNAH-CEMA, Tesis de Grado, La Habana, Cuba, 59 p., 2010.

y deficiente organización de la asistencia técnica<sup>2</sup> (Matos y García, 2012).

Una adecuada organización del proceso de cosecha – transporte, posibilita el incremento de un 20 % el tiempo útil de trabajo de la cosechadora y, por lo tanto se disminuyen los tiempos perdidos por el conjunto de transporte entre un 20 - 25%<sup>3</sup> (Suárez *et al.*, 2006).

En la actualidad se prevé un proceso de profundas transformaciones en la cosecha mecanizada e inversiones en el transporte. Tales como la introducción de tractores de alta y mediana potencia de tracción para garantizar la preparación de tierra, el cultivo y la transportación; combinadas de nuevo tipo Case IH AUSTOFT A-7000 y 8000, camiones de mayor capacidad con sus remolques, como es el de fabricación china BEIBENZ y remolques auto basculantes<sup>4</sup>.

La adecuada explotación de estos medios es una prioridad del país, por lo que es necesario elevar el coeficiente de utilización del tiempo productivo y de utilización del tiempo de explotación que según Matos *et al.* (2010), son sumamente bajos, con valores entre 0,32 y 0,40 por debajo a la media internacional.

Partiendo de lo anterior, en el presente trabajo se propone la confección de un sistema automatizado, que modele el proceso tecnológico del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar y determine los indicadores de explotación y económicos para diferentes condiciones de trabajo y medios técnicos disponibles, permitiendo definir variantes racionales según criterios económicos o de máxima productividad.

## DESARROLLO DEL TEMA

### Caracterización del proceso tecnológico, del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar

**Tiro directo.** Durante el corte de la caña de azúcar por la cosechadora, un camión o tractor movedor con remolque se traslada paralelo a ella, mientras se llenan; posteriormente el camión y tractor movedor se trasladan llenos hasta la cabecera del campo, donde se forman los trenes de remolques con el camión y a continuación se traslada hasta el basculador del central azucarero donde se realiza la descarga.

### Metodología para la modelación del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar

La modelación del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar<sup>5</sup> se desarrolló sobre la base de investigaciones desarrolladas por Iglesias y Suárez (2005); Rodríguez *et al.* (2006); Matos y Iglesias (2012), así como, las normas cubanas NC 34–37: 2003; NC 34–38: 2003 y datos brindados por los fabricantes de los medios técnicos utilizados.

and transportation and poor organization of technical assistance<sup>2</sup> (Matos & Garcia, 2012).

Proper organization of the harvesting - transportation process, enables increase 20% useful life of the harvester and therefore the time lost by the transport service decreases 20 - 25%<sup>3</sup> (Suárez *et al.*, 2006).

Currently, a process of profound transformations in mechanized harvesting and investment in transport is foreseen. Some of the investments planned are the introduction of tractors of high and medium power traction to ensure soil preparation, cultivation and transportation, new type combined Case IH Austoft A-7000 and 8000, higher capacity trucks with trailers like Beibenz Chinese manufacturing and auto tipper trailers<sup>4</sup>.

The appropriate operation of these means is a priority of the country, for what is necessary to elevate the coefficient of use of the productive time and of use of the time of exploitation that according to Matos *et al.* (2010), they are extremely low, with values between 0,32 and 0,40 for under to the international stocking.

Based on the above, in this paper it is proposed the making of an automated system that models the technological process of mechanized sugar cane harvesting and transportation, which determines the operational and economic indicators for different working conditions and technical means available, allowing to define rational variants according to economic criteria or maximum productivity.

## DEVELOPMENT OF THE TOPIC

### Characterization of the technological process, the mechanized system of sugar cane harvesting and transporting

**Direct throwing.** While cutting sugar cane by the harvester, a truck or mover tractor trailer moves parallel to it, as they are filled up, then the truck and mover tractor move filled to the head of the field, where trailer trains are formed with the truck, then it moves to the sugar mill where the discharge is performed.

### Methodology for modeling mechanized system of sugar cane harvesting and transporting.

The modeling of mechanized sugar cane harvesting and transporting<sup>5</sup> was developed based on researches carried out by Iglesias & Suarez (2005); Rodriguez *et al.* (2006); Matos & Iglesias (2012), Cuban law NC 34–37: 2003; NC 34–38:

<sup>2</sup> GONZÁLEZ, G.: Evaluación técnico explotativa de la cosechadora Case IH Austoft A 7000 en la empresa azucarera Batalla de las Guasimas, Universidad de Camagüey, Tesis de Grado, Camagüey, Cuba, 66 p., 2009.

<sup>3</sup> LÓPEZ, M.; SABIDO, C.: Modelación matemática de la composición de pelotones en el tiro con tractores de la caña de azúcar, Universidad de Camagüey, Tesis de Grado, Camagüey, Cuba, 65 p., 1988.

<sup>4</sup> MATOS, N.: Organización racional del complejo de máquinas en la cosecha – transporte – recepción de la caña de azúcar en la empresa azucarera «Argentina», Universidad Agraria de La Habana, Tesis de Doctorado, Mayabeque, Cuba, 138 p., 2012.

<sup>5</sup> DE LAS CUEVAS, H.: Investigación del coeficiente de abastecimiento óptimo en asperjadoras de 3 000 L de capacidad, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, Tesis de Maestría, La Habana, Cuba, 68 p., 1997.

Sistema automatizado para la modelación del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar.

El sistema automatizado "SMCTCA" se desarrolló sobre plataforma de trabajo en EXCEL para Windows, a partir del diagrama de flujo sintetizado que se muestra en la Figura 1. En el cuál se determinan los indicadores de explotación y económicos del sistema para diferentes condiciones organizativas y productivas del proceso tecnológico.

El software SMCTCA es de fácil manipulación, accediendo a cada parte del mismo mediante el vínculo del usuario con el Panel de Control

El panel de control interactivo que permite el vínculo del usuario con cada una de las partes que lo conforman (Figura 2). La entrada de los datos iniciales al libro se encuentra diseñada en forma de bloques, agrupadas en las condiciones de trabajo e informaciones de la cosechadora empleada, los conjuntos de transporte y tractores movedores, lo cual facilita su identificación. Para cada ventana se diseñó un botón de comando, para el regreso al Panel de Control.

La entrada de datos contiene los siguientes botones:

**Condiciones de trabajo:** Permite acceder a la hoja de cálculo para la entrada de información, referente a las condiciones de trabajo, en las cuales se desarrollará el proceso (longitud y ancho de la parcela; cantidad de cosechadoras, conjuntos de transporte y tractores movedores, rendimiento del campo (t/ha), distancia del campo al basculador del central, etc.)

**Cosechadora:** Permite la entrada de datos sobre las características técnicas, indicadores de explotación y económicos de la cosechadora de caña evaluada.

**Conjunto de transporte:** Igual que el anterior, pero referido al conjunto de transporte utilizado para el traslado del campo al basculador del central azucarero y viceversa.

**Tractor movedor:** Aquí se introducen los parámetros técnicos, de explotación y económicos del tractor movedor, empleado para el traslado de los remolque desde la cabecera del campo hasta la cosechadora para ser llenados y viceversa.

La etapa de cálculo está diseñada también en forma de bloques, y al igual que en la entrada de datos, en cada ventana se diseñó un botón de comando, para el regreso al Panel de Control.

La etapa de resultados contiene los siguientes botones (Figura 2).

**Indicadores de explotación de la cosechadora y del conjunto de transporte:** Modela el proceso y calcula los indicadores de explotación del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar.

Se calcula el balance del tiempo consumido en cada ciclo de trabajo por la cosechadora de caña y de conjunto de transporte, respectivamente, según las condiciones de explotación predefinidas con anterioridad. Se comparan los mismos, definiéndose la dependencia del coeficiente de utilización del tiempo a uno u otro, determinándose a continuación la productividad horaria del sistema.

**Indicadores económicos:** Se determinan los indicadores económicos del sistema contemplando los costos de salario (Gs, peso/h), amortización (Ga, peso/h), reparación y mantenimientos (Grm, peso/h), combustible (Gc, peso/h), costos directos de explotación (Gde, peso/h) y de explotación por t de caña cosechada (Ge, peso/t).

**Resumen:** Brinda los fundamentales indicadores del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar, según las condiciones de explotación analizada.

En la Tabla 1, se muestran los resultados obtenidos para la variante compuesta una cosechadora CASE IH AUSTOFT A-7000 y un medio de transporte formado por el camión BEI-BENZ y remolque, para una distancia de abastecimiento de 50 km y rendimiento de los campos de 40t/ha.

2003 and data provided by the manufacturers of the technical means used.

Automated modeling system for mechanized sugar cane harvesting and transportation.

The "SMCTCA" automated system was developed on work platform EXCEL Windows, from the synthesized diagram flow shown in Figure 1. According to this diagram the operation and economic system indicators for different organizational and productive conditions of the technological process are determined

This system consists of an interactive control panel that allows the user to link each of the parties thereto (Figure 2). The initial data input to the book is designed in the form of blocks, grouped in working conditions and information of the harvesting machine used, the transport set and mover tractors, which facilitates identification. For each window a command button to return to the Control Panel was designed.

Data entry contains the following buttons:

**Working conditions:** It allows access to the spreadsheet for entry of information concerning working conditions in which the process will be developed (length and width of the plot, number of harvesters, transport systems and mover tractors; field yields (t / ha), distance from the field to the mill, etc.).

**Harvesters:** It allows input of data on the technical, operational and economic indicators of the cane harvester evaluated.

**Mover tractor:** Here the technical, operational and economic parameters of the mover tractor, used to transfer the trailer from the header of the field to the harvester to be filled and vice versa, are introduced.

**Transport set:** Same as above, but based on the total transport used for the transfer from the field to the mill and back.

The calculation step is also designed in the form of blocks, and as in the data input, in each window a command button is designed to return to Control Panel.

The results step contains the following buttons (Figure 2).

**Operating indicators of harvester and transport assembly:** It models the process and calculates the operational indicators of mechanized sugar cane harvesting and transportation. It is calculated the balance of time spent in each work cycle of the cane harvester and transport set, respectively, according to the operating conditions defined previously. They are compared; the coefficient of the time utilization is defined in one and the other, then hourly productivity of the system is determined.

**Economic Indicators:** Economic indicators of the system are determined, considering the salary costs (Gs), amortization (Ga), repairing and maintenance (GRM), fuel (Gc), direct operating (Gde) and operating costs per ton of harvested cane (Ge).

**Summary:** It provides a summary that includes key indicators of mechanized sugar cane harvesting and transportation according to the operating conditions tested.

In Table 1, the results obtained for the composite CASE harvester variant and a means of transportation consisting of

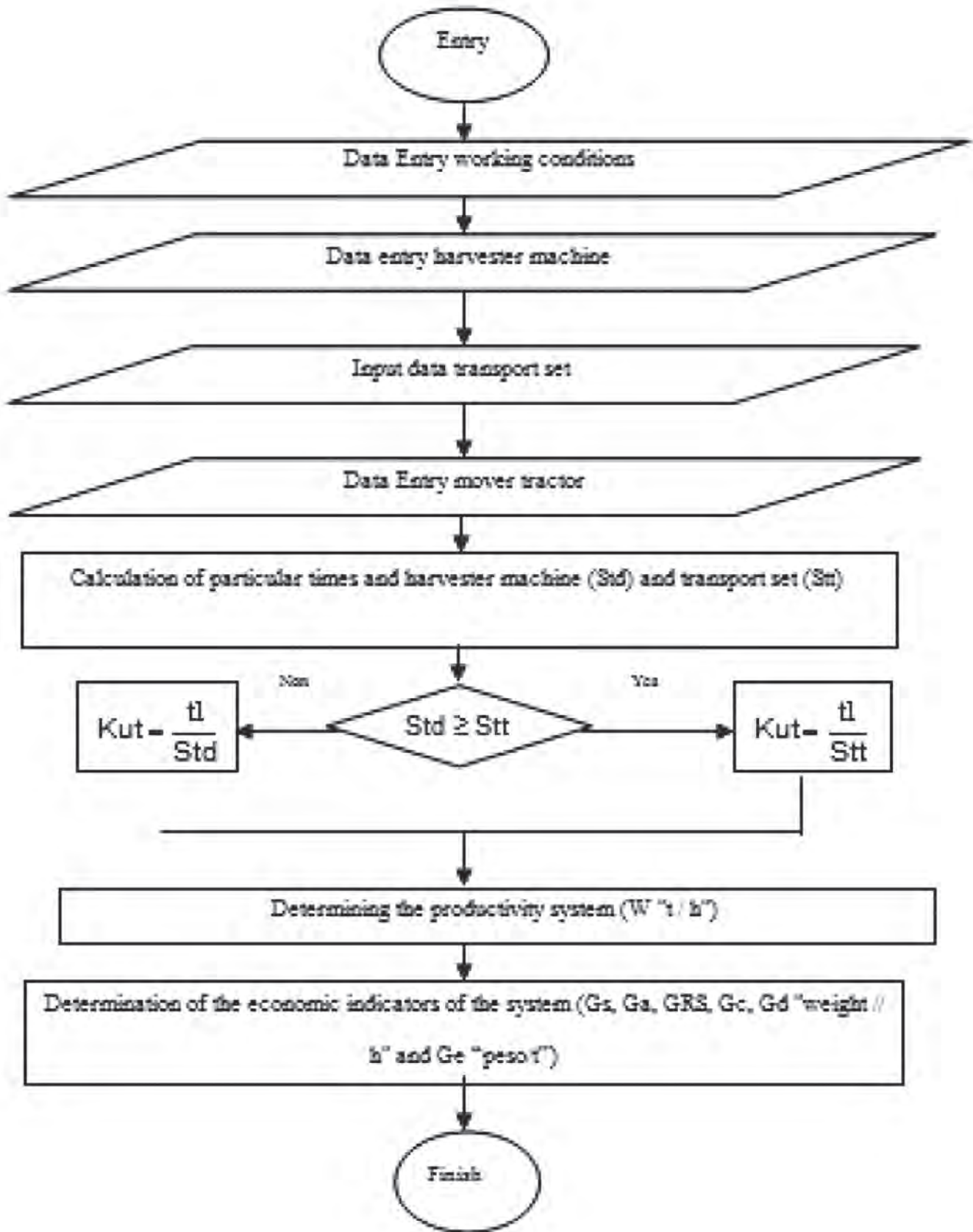


FIGURE 1. Flow diagram synthesized automated SMTCA.  
 FIGURA 1. Diagrama de flujo sintetizado del sistema automatizado SMCTCA



FIGURA 2. Panel de control del sistema automatizado SMCTCA.  
 FIGURE 2. Panel of control of the automated system SMCTCA.

**TABLA 1. Resumen de salida del sistema automatizado “SMCTCA”**  
**TABLE 1. Summary automated system output “SMCTCA”**

Harvester Truck Trailer Parameters	CASE BEIBENZ WP-10-GAN	
	M/U	value
Clean work time combine (T1)	min	90,02
Total time spent by the combined in a work cycle for the system (STC)	min	104,62
Total time spent by all transport in a work cycle (STCT)	min	220,51
Utilization ratio of system time (Kut)	-	0,41
System Productivity (W)	t/ha	19,05
Wage costs for the system (Gs)	peso/h	12,28
Amortization costs for the system (Ga)	peso/h	6,65
Costs for repairs and maintenance of the system (GRS)	peso/h	30,22
Costs for fuel system (Gc)	peso/h	72,03
Direct operating costs of the system (De) fuel system (Gc)	peso/h	121,18
Operating costs (Ge)	peso/ha	6,36

Dentro del Panel de Control existe, además un botón “Acerca de”, que permite acceder a los nombres y apellidos de los autores, versión, logotipo y dirección del centro de trabajo, etc.

Con ayuda del sistema automatizado SMCTCA, se modela analíticamente el proceso tecnológico del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar, para diferentes condiciones de explotación (distancia del campo al basculador del central azucarero), capacidad de los conjuntos de transporte, rendimiento del campo, combinaciones de cantidad de cosechadoras y conjuntos de transporte, etc.), determinando los indicadores de explotación y económicos, así como las variantes más racionales para cada caso.

A modo de ejemplo, en el gráfico de la Figura 3, se muestra, el comportamiento del coeficiente de utilización del tiempo de la cosechadora CASE IH AUSTOFT A-7000 con dos y cuatro camiones con remolque del tipo BEIBENZ, para diferentes distancia del campo al basculador del central azucarero. Se observa que el coeficiente de utilización del tiempo disminuye desde 10 a 50 km, para la variante con dos camiones. Para de cuatro camiones el mismo se mantiene constante en 0,86 hasta 40 km, disminuyendo posteriormente. Esto se debe a que en la primera variante las pérdidas de tiempo de la cosechadora por falta de transporte ocurren desde los 10 km, no siendo así en la segunda variante, donde las pérdidas de tiempo de la cosechadora ocurren a partir de los 40 km.



FIGURA 3 Comportamiento del coeficiente de utilización del tiempo de la cosechadora.  
 FIGURE 3. Behavior of the time utilization coefficient of the harvester machine.

A partir del gráfico anterior se puede seleccionar las variantes de cosechadoras y conjuntos de transporte más racionales, según el criterio del máximo valor del coeficiente de utilización del tiempo, donde la variante de cuatro camiones presenta los mejores resultados con un 80% de utilización del tiempo, comparado con la variante de dos camiones

## CONCLUSIONES

- El sistema automatizado “SMCTCA” permite realizar la modelación analítica del sistema mecanizado de cosecha y transporte de la caña de azúcar, determinando los indicadores de explotación y económicos para diferentes condiciones de trabajo y medios técnicos empleados.
- El software SMCTCA es de fácil manipulación, accediendo a cada parte del mismo mediante el vínculo del usuario con el Panel de Control
- Los resultados de este programa, permiten definir las variantes más racionales, productivas o económicamente más ventajosas del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar.

It can be seen, for example, in the graph of Figure 3, which shows the behavior of the coefficient of time utilization for harvester CASE with two and four trucks with BEIBENZ type trailer, for different distances from field to mill.

Figure 3 shows that the coefficient of time utilization decreased from 10 to 50 km, for the variant with two trucks. For the case where four trucks are employed the same constant is maintained at 0, 86 up to 40 km, decreasing later. This is due to in the first variant, time losses of the harvester for lack of transport occur from the 10 km and it is not like that in the second variant where harvester time losses occur after 40 km.

From previous graph harvester variants and more rational transport sets can be selected according to the criterion of maximum productivity, or by a graph of cost per area unit, where the selected variant is to lower unit costs.

## CONCLUSIONS

- The “SMTCA” automated system allows making the analytical modeling of the sugar cane harvesting and transportation system, determining the operating and economic indicators for different working conditions and technical means used.
- The SMC CAT software is easy to handle, accessing to each part of it by means of the link of the user with the Control Panel.
- The results of this program allow defining more rational, productive or economically more advantageous variants of mechanized sugar cane harvesting and transporting system.

## REFERENCIAS / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IGLESIAS, C.C.E.; SUÁREZ, P.C.: “Evaluación comparativa tecnológica y de explotación de las cosechadoras de caña KTP – 2 y KTP -2M”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(2): 14-18, 1 de abril de 2005, ISSN: 1010-2760.
- MATOS, R.N.; GARCÍA, C.E.: “Evaluación técnica y de explotación de los camiones en la transportación de la caña”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 30-33, junio de 2012, ISSN: 2071-0054.
- MATOS, R.N.; GARCÍA, C.E.; GONZÁLEZ, G.J.R.: “Evaluación técnica y de explotación de las cosechadoras de caña Case-7 000”, *Revista Ciencias*

*Técnicas Agropecuarias*, 19(4): 06-09, diciembre de 2010, ISSN: 2071-0054.

MATOS, R.N.; IGLESIAS, C.C.: “Modelo económico–matemático para la organización racional de los medios técnicos en la cosecha–transporte–recepción de la caña de azúcar”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(3): 49–54, 2012, ISSN: 1010-2760.

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación económica*, no. NC 34–38, La Habana, Cuba, 2003.

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación tecnológica explotativa*, no. NC 34–37, La Habana, Cuba, 2003.

RODRÍGUEZ, T.; DE LAS CUEVAS, H.; DÍAZ, M.: “Software para la modelación del sistema mecanizado de distribución de materia orgánica”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(Esp.): 41-45, 2006, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.

SUÁREZ, P.C.; RODRÍGUEZ, L.Y.; MÁRQUEZ, L.K.: “Determinación y análisis de los principales índices de explotación de las cosechadoras de caña CAMECO”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(4): 69-74, 1 de octubre de 2006, ISSN: 1010-2760.

Received: 27/12/2015.

Approved: 08/07/2016

*Héctor R. de las Cuevas-Milán*, Inv. Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. E-mail: [hector@unah.edu.cu](mailto:hector@unah.edu.cu)

*Idaris Gómez-Ravelo*, E-mail: [gomez68@inder.cu](mailto:gomez68@inder.cu)

*Mario I. Herrera-Prat*, E-mail: [herrera@mes.gob.cu](mailto:herrera@mes.gob.cu)

*Francisco Salguero-Santana*, E-mail: [salguero@unah.edu.cu](mailto:salguero@unah.edu.cu)

Nota: 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.

Note: the mention of commercial equipment marks; instruments or specific materials obey identification purposes, not existing any promotional commitment with relationship to them, neither for the authors nor for the editor.

## AGRARIAN UNIVERSITY OF HAVANA



### DESIGN AND ASSEMBLY OF NETWORK PROJECTS DESIGN AND ASSEMBLY OF EDUCATIONAL COMPUTER SCIENCES

Courses

- **Web Page Desing**
- **Programing Under Web Environment**
- **Programaming Under Windows Environment**
- **Geographic Information System**
- **Multimedia Desing**
- **Educational Television**