

Costo energético y tiempos tecnológicos del tractor Belarus-M510 con cultivador-fertilizador CIVEMASA en caña de azúcar

Energy cost and technological times of the tractor Belarus-M510 with tiller-fertilizer CIVEMASA in sugar cane

Ing. José Rafael Pereira Chirinos^I, M.Sc. Héctor R. de las Cuevas^{II}, Dr. C. Armando García de la Figal^{II},
M.Sc. Astrid Fernández de Castro Fabre^{II}

^I Comisión de Transporte y Tránsito Terrestre, Estado Trujillo, Venezuela.

^{II} Universidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. En el trabajo se determinaron los tiempos tecnológicos y el costo energético del tractor BELARUS M-150 con cultivador fertilizador CIVEMASA en el cultivo de la caña de azúcar en el central azucarero Trujillo del estado Trujillo. La metodología utilizada para el cronometraje fue la NC.34-37 2003 y la empleada para la determinación de los costos, apoyada por los antecedentes presentados por la ASAE. El objetivo del trabajo fue la determinación de los tiempos tecnológicos y costo energético del conjunto agrícola. El coeficiente de utilización del tiempo de turno obtenido es de 38% para un volumen de trabajo total de 14,48 ha en las labores de cultivo y fertilización. El mayor costo energético horario corresponde al combustible con un valor de 212,6 MJ/h y el mínimo valor corresponde al de la fuerza de trabajo con un valor de 0,64MJ/h.

Palabras clave: cronometraje, combustible, coeficiente de utilización del tiempo de turno, labores de cultivo.

ABSTRACT. In the work the technological times and the energy costs of the tractor BELARUS M-150 was determined with farming fertilizer CIVEMASA in the cultivation of the cane of sugar in the sugar power station Trujillo of the state Trujillo. The methodology used for the timing was the NC.34-37 2003 and the employee for the determination of the energy cost and supported by the antecedents presented by ASAE. The objective of the paper was the determination of the technological times and energy cost of the agricultural group. The coefficient of use of the time of obtained shift is of 38% for a volume of total work of 14,48 there are in the tillage labor and fertilization. The biggest cost energy schedule it corresponds to the fuel oil with a value of 212,6 MJ/h and the minimum value corresponds that of the work force with a 0,64MJ/h value.

Keywords: Timing, fuel oil, coefficient of use of the time, tillage labor.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la producción agrícola no se concibe sin el empleo de la técnica mecanizada. Con su introducción se humaniza el trabajo, se incrementa la productividad del hombre y los rendimientos de los cultivos, lo que produce un aumento de las ofertas de productos a la población. El desarrollo de la mecanización como elemento importante en la producción agrícola sólo es posible con la introducción del desarrollo científico técnico, para lo cual se debe contar con un parque de maquinaria cuya eficiencia y durabilidad depende sobre todo

del modo en que se emplee (González, 1993).

Las tecnologías que se utilicen en los procesos mecanizados y su forma de empleo y organización influyen significativamente en el desarrollo sostenible de la agricultura. Las enseñanzas de la era química, y especialmente de la "Revolución Verde", recuerdan que sólo se puede conseguir una sustentabilidad duradera mediante la aplicación de un análisis exhaustivo enfocado a la erradicación de la pobreza en el ámbito rural y orientado hacia la meta del desarrollo humano y formas de

sustento sostenibles, y la aplicación de sistemas productivos adecuados a estos fines.

Cualquier proceso de la producción agrícola tiene como objetivo final la obtención de la mayor cantidad de productos con el mínimo de gastos posibles (costos de producción y de energía). Para el parque de máquinas, tractores y de tracción animal, el problema se reduce al cumplimiento de las labores mecanizadas en el plazo establecido, con la máxima calidad y el mínimo de gastos; para lo cual se deben seleccionar adecuadamente los conjuntos, sus indicadores de trabajo y consumo, e incrementar al máximo la carga de trabajo y de este modo disminuir los gastos fijos específicos y con ello los costos de trabajo (Microsoft Encarta 2008)¹.

La planificación constituye un “proceso para determinar adónde ir y establecer los requisitos para llegar a ese punto de la manera más eficiente y eficaz posible” (Fluck, 1982).

La preparación del suelo exige más del 70% de la demanda total de energía, y en el caso de la aradura con arado de vertedera el costo energético puede alcanzar más del 80% en suelos pesados (Colectivo de autores, 1982)².

El consumo energético, según Dos Santos (1993)³, varía en función del tipo de equipo y del número de operaciones, la mayor economía puede ser obtenida por la eliminación de algunas operaciones de la preparación del suelo. El funcionamiento de un equipo alternativo para la preparación del suelo fue evaluado por Mion (1999)⁴.

En Cuba varios autores han realizado estudios en esta dirección como Ramos *et al.*, (2012), determinaron los costos energéticos de la cosecha de forrajes para el ganado vacuno en Cuba, evaluando las máquinas Fraga modelo P-150 y la SPKZ-160; De las Cuevas *et al.*, (2009) y (2011), de un conjunto tractor-máquina de siembra directa y de un rodillo de cuchillas CEMA-1400 para cobertura vegetal respectivamente, Olivet *et al.*, (2014), realizaron el balance energético de tres tecnologías de labranza en un Vertisol para el cultivo del tabaco, Cadena *et al.*, (2013) determinaron el uso de energía para tres sistemas de labranza (convencional, vertical y cero), por último Valdés *et al.*, (2015), determinaron los indicadores tecnológicos y de explotación de la picadora de forraje MF IIMA modelo EM- 01 perfeccionada.

En el central azucarero Trujillo en las labores de cultivo y fertilización se han planteado que existen deficiencias en el uso de la maquinaria agrícola principalmente en el uso de combustible y otros materiales. Debido a esto se hace imprescindible el estudio de la eficiencia productiva de este proceso en el Estado Trujillo, Venezuela, donde no se han reportado estudios sobre la determinación de los tiempos tecnológicos y costos energéticos para dicha actividad.

Partiendo de estos antecedentes se desarrolla la presente investigación, que tiene como objetivo la determinación de los tiempos tecnológicos y costos energéticos del conjunto formado por el tractor BELARUS-M510 con cultivador-fertilizador

CIVEMASA en caña de azúcar en el central azucarero Trujillo, Venezuela.

MÉTODOS

Las investigaciones se realizaron áreas del central azucarero de estado de Trujillo, Republica Bolivariana de Venezuela. La toma de los datos experimentales se realizó en el mes de abril de 2014.

Para la determinación de los tiempos tecnológicos se utilizó la norma NC-34-37 (2003). Se realizó el cronometraje y clasificación de los tiempos de cada operación según modelo establecido. Para la evaluación y la determinación de los diferentes tiempos, productividad y los coeficientes de explotación, se utilizó el sistema automatizado “Evaluación Tecnológica Explotativa” TECEXP de las Cuevas *et al.*, (2007)⁵, con el uso de las siguientes expresiones:

-Productividad por hora de tiempo limpio, W_1

$$W_1 = Q/T_1, t/h, \quad (1)$$

donde:

Q - cantidad de masa procesada durante el trabajo de la máquina, t ;

T_1 -tiempo de trabajo limpio, h .

-Productividad por hora de tiempo operativo, W_{02}

$$W_{02} = Q/T_{02}, t/h, \quad (2)$$

donde:

T_{02} -tiempo operativo, h ;

$$T_{02} = T_1 + T_2, h \quad (3)$$

donde:

T_2 tiempo auxiliar, h .

-Productividad por hora de tiempo productivo, W_{04}

$$W_{04} = Q/T_{04}, t/h, \quad (4)$$

donde:

T_{04} -tiempo productivo, h ;

$$T_{04} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4, h \quad (5)$$

donde:

T_3 - tiempo de mantenimiento técnico de la máquina, h ;

T_4 - tiempo para la eliminación de fallos, h .

-Productividad por hora de tiempo de turno sin fallos,

W_i ;

$$W_i = Q/T_i, t/h, \quad (6)$$

donde:

T_i -tiempo de turno sin fallos h ;

$$T_i = T_1 + T_2 + T_3 + T_5 + T_6 + T_7, h \quad (7)$$

¹ ENCICLOPEDIA MICROSOFT ® ENCARTA ®: Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos, 2008.

² COLECTIVO DE AUTORES: El cultivo de la caña de azúcar, pp. 24-28, La Habana, Cuba, 1982.

³ DOS SANTOS, J.E.G.: Equipamento conjugado de preparo do solo: desempenho em Funcao da posicao das hastes escarificadoras, do tipo de ponteira e da rotacao do rotor, Botucatu: UNESP, 1993, 178p. Tese. Doutorado em Agronomia. Univercidades Estadual Paulista, 1993.

⁴ MION, R.L.: Avaliacao do desempenho de um equipamento conjugado no preparo vertical de um Podzólico Vermelho-Amarcelo Cambico. Vicoso: VJV, 1992.72 pag. Dissertacao, Mestrado Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Vicoso, MG, Brasil, 1999.

⁵ DE LAS CUEVAS, H; RODRÍGUEZ, T; HERRERA, M; PANEQUE, P.: Evaluación tecnológica explotativa, Software, Registrado: en el Centro Nacional de Derecho de Autor (CENDA), R-2807-2007, La Habana, Cuba, 2007.

donde:

T_5 - Tiempo de descanso del personal de servicio de la máquina, h ;

T_6 - Tiempo de traslados en vacío, h .

-Productividad por hora de tiempo de explotación, W_{07}

$$W_{07} = Q/T_{07}, t/h, \quad (8)$$

donde:

T_{07} -tiempo de explotación, h ;

$$T_{07} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 \quad h \quad (9)$$

donde:

T_7 - Tiempo de mantenimiento técnico de la máquina agregada a la de ensayo, h ;

Métodos para la determinación de los costos energéticos del conjunto

Se utilizó la metodología para establecer los costos energéticos de ejecución presentada por Hertz y Barrios (1997a) y Hertz y Barrios (1997b) y apoyada por los antecedentes presentados por ASAE (1993) y Fluck (1992). Esta metodología determina los costos energéticos totales de la operación agrícola mecanizada en MJ/h , adicionando la energía secuestrada en los materiales de construcción incluyendo la fabricación y transporte, combustible, lubricantes/filtros, reparaciones/mantenimientos, y la mano de obra necesaria para operar los equipos.

Los gastos energéticos totales de la operación agrícola mecanizada con tractor-cultivador-fertilizador CIVEMASA (EST), se calculan según la expresión:

$$EST = ES_{mt} + ES_{ct} + ES_{lt} + ES_{mrt} + ES_{mot} + ES_{mat}, MJ/h \quad (10)$$

donde:

ES_{mt} -energía secuestrada en los materiales, fabricación y transporte, MJ/h ;

ES_{ct} -energía secuestrada en combustible, MJ/h ;

ES_{lt} -energía secuestrada en lubricantes y filtros, MJ/h ;

ES_{mrt} -energía secuestrada en reparaciones y mantenimiento, MJ/h ;

ES_{mot} -energía secuestrada en mano de obra, MJ/h ;

ES_{mat} -energía secuestrada de materiales gastables en procesos tecnológicos agrícolas en cuestión, MJ/h .

La energía secuestrada en los materiales, fabricación, y transporte, ES_{mt} , se calcula según la expresión:

$$ES_{mt} = G_{tt} * EU_t / VU_t + G_{ta} * EU_a / VU_a, MJ/h \quad (11)$$

donde:

G_{tt} , G_{ta} -masa del tractor y la máquina agrícola, respectivamente, kg ;

EU_t , EU_a -energía por unidad de masa del tractor y la máquina agrícola, respectivamente, MJ/kg ;

VU_t , VU_a -vida útil del tractor y la máquina agrícola, respectivamente, h ;

Los valores para G_{tt} y G_{ta} fueron obtenidos de la literatura

que entregan los fabricantes, los valores de EU_t , se obtuvieron a partir de los criterios expuestos por Fluck (1992) y los valores de VU_t según Ibáñez y Rojas (1994)⁶.

La energía correspondiente al combustible utilizado, ES_c , se calculó por la metodología propuesta por ASAE (1993), según la expresión

$$ESC = G_e * E_e, MJ/h \quad (12)$$

donde:

G_e -consumo real de combustible por hora, L/h ;

E_e -energía específica del combustible, MJ/L ;

La energía correspondiente a lubricantes y filtros, ES_l y reparaciones y mantenimiento ES_{mr} , se obtiene según lo propuesto por Fluck (1985), y posteriormente calculado por Hetz y Barrios (1997b), los que consideran un 5% para la energía del combustible y 129% para la energía correspondiente a materiales de fabricación.

El gasto energético de la mano de obra, ES_{mo} , se determina según lo propuesto por Laptev (1987)⁷, donde se considera un coeficiente de gasto energético en función de la masa, edad, género y actividad física, para cada tipo de operación según la cantidad de trabajadores.

$$ES_{mo} = K_i * Mch_i, MJ/h \quad (13)$$

donde:

K_i -coeficiente de gasto energético, $kcal/kg*h$;

Mch_i -masa corporal del trabajador agrícola, kg ;

La energía secuestrada de materiales gastables en procesos tecnológicos agrícolas, ES_{mat} , se calcula por:

$$ES_{mat} = EMm * N * W, MJ/h \quad (14)$$

donde:

EMm -energía unitaria del material gastable en el proceso tecnológico agrícola por unidad de masa del material, MJ/kg ;

N -norma del material gastable en el proceso tecnológico agrícola, kg/ha .

Lo cual en este proceso de trabajo no se utilizó ningún tipo de materiales gastables (fertilizante, semilla u otros) por lo que no se realiza este cálculo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de los tiempos tecnológicos del proceso de cultivo-fertilizado de la caña de azúcar

El comportamiento de los tiempos tecnológicos del proceso demuestran que el coeficiente de utilización del tiempo de turno es bajo puesto que alcanzó un valor de 0,38 (38%), sin haberse detenido el proceso por ocurrencia de fallas, ni otras causas de las cuales no depende el funcionamiento de la maquina objeto de estudio, la cual realizo un volumen de trabajo total de 14,48 ha. El comportamiento de los tiempos tecnológicos (tiempo limpio y tiempos perdidos por otras causas) se muestra en la Figura 1.

⁶ IBÁÑEZ, M. Y E. ROJAS: Costos de operación y producción por concepto de maquinaria agrícola, 58pp., Chile, Univ. de Concepción, Fac. de Ingeniería Agrícola. Bol. de Ext. No 26. 1994.

⁷ LAPTEV, A.: Manual de higiene de la cultura física y el deporte, 245pp., Editorial Pueblo y Educación & Raduga. La Habana, Cuba, 1987.

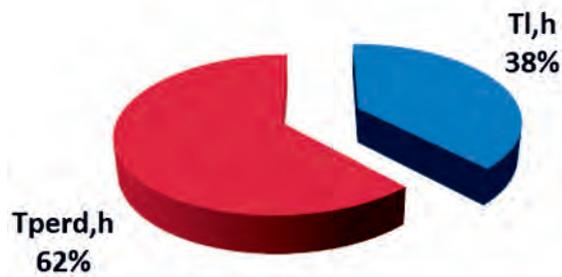


FIGURA 1. Comportamiento del aprovechamiento del tiempo de turno.

El tiempo limpio obtenido fue de 15,05 h y el tiempo perdido alcanza un valor de 24,63 h del total de tiempo observado que fue de 39,68 h.

Como se observa en la Figura 1 del tiempo total de turno solo se aprovecha el 38% y se pierde el 62%, principalmente en el traslado hacia el campo y en los giros, aunque se pierde tiempo en otras actividades como: limpieza del conjunto, mantenimiento, necesidades fisiológicas, etc., los cuales ascienden al 58% del total del tiempo perdido (Figura 2).

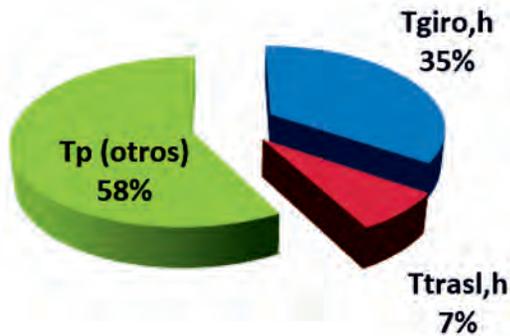


FIGURA 2. Comportamiento de los tiempos perdidos en el proceso.

Determinación de los costos energéticos del conjunto

Con el empleo del sistema automatizado CEE basado en la metodología propuesta por Fluck, se determinaron los costos energéticos del conjunto objeto de estudio, obteniéndose que el mayor costo energético corresponde al combustible con un valor de 212,6 MJ/h y mantenimientos y reparaciones con 19,41 MJ/h el mínimo valor corresponde a la fuerza de trabajo con un valor de 0,64 MJ/h, estos resultados se muestran en la Figura 3. Siendo los costos energéticos totales de 260,38 MJ/h.

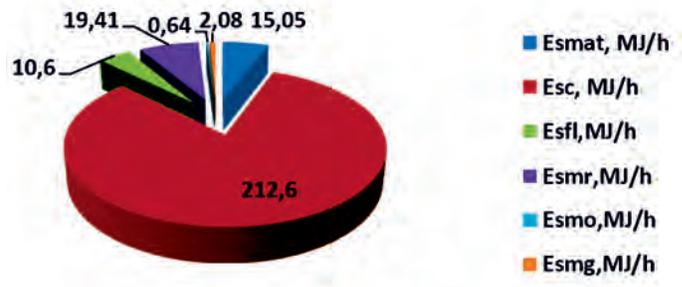


FIGURA 3. Comportamiento de los costos energéticos del conjunto.

CONCLUSIONES

- El coeficiente de utilización del tiempo del tractor BELARUS-M510 y el cultivador - fertilizador CIVEMASA es de un 38%.
- Para los conjuntos formados por el tractor BELARUS-M510 y el cultivador-fertilizador CIVEMASA los costos energéticos horarios totales dependen en mayor medida de la energía secuestrada en combustible (Esc); con 81,64%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAE. 1993. Agricultural Engineers Yearbook. Arg. Mach. Mgt. Data: EP391 and D230.3. St. Joseph, Michigan, USA.

CADENA, M; S. G. CAMPOS; G. DEMUNER; A. ZERMEÑO; A. LÓPEZ; T. GAYTÁN: "Uso de energía integrando Sistemas de Labranza y Mejoradores de suelo en zonas semiáridas de México", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 22(Especial): 54-57, 2013.

DE LAS CUEVAS, H; T. RODRÍGUEZ; P. PANEQUE; M. HERRERA: "Costos energéticos de un conjunto tractor-máquina de siembra directa", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 18(4): 8-12, 2009.

DE LAS CUEVAS, H; T. RODRÍGUEZ; P. PANEQUE; M. DÍAZ: "Costo energético del rodillo de cuchillas CEMA 1400 para cobertura vegetal", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 20(3): 5-8, 2011.

FLUCK, R.: Net energy sequestered in Agricultural labor. *Transactions of the ASAE*, ISSN: 0001-2351, Vol. 24(6): 1449-1455, 1981.

FLUCK, R.: Energy sequestered in repairs and maintenance of agricultural machinery. *Transactions of the ASAE*, ISSN: 0001-2351, Vol. 28(30): 738-744. 1985.

FLUCK, R.: "Energy for farm production", *Energy for World Agriculture*, ISBN: 978-0-444-88681-1 6, 1992.

GONZÁLEZ, R.: *Explotación del Parque de Maquinaria*, pp. 110-121, Editora Félix Varela, La Habana, Cuba, 1993.

HETZ, E. y A. BARRIOS: "Reducción del costo energético de labranza/siembra utilizando sistemas conservacionistas en Chile", *AgroCiencia*, ISSN: 0719-3882, E-ISSN: 0719-3890, 13(1): 41-47, 1997a.

HETZ, E. y A. BARRIOS: "Costos energéticos de las operaciones agrícolas mecanizadas más comunes en Chile", Chillán, Chile, *Agro-Sur*, ISSN: 0304-8802, 24(2): 146-161, 1997b.

NC 34-37: 2003: *Metodología para la evaluación tecnológico-explotativa*, 21pp., Oficina Nacional de Normalización: Máquinas Agrícolas y Forestales. La Habana, Vig. octubre 2003.

OLIVET, Y.; V. GIRON; L. PARRA: "Balance energético de tres tecnologías de labranza en un Vertisol para el cultivo del tabaco (Nicotiana tabacum L.)", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 4(2): 35-41, 2014.

RAMOS, R.; M. CRUZ; I. NAVARRO: "Determinación del costo energético de la cosecha de forrajes para el ganado vacuno en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 21(1): 73-78, 2012.

VALDÉS, P. A.; H. DE LAS CUEVAS, D. RODRÍGUEZ, R. SUÁREZ, M. V. GÓMEZ, R. DELGADO: "Indicadores tecnológicos explotativos de la picadora de forraje MF IIMA modelo EM- 01 perfeccionada", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 24(3), 28-34, 2015.

Recibido: 12/09/2015.

Aprobado: 14/03/2016

Publicado: 19/04/2016

José Rafael Pereira Chirinos, Supervisor de la Comisión de Transporte y Tránsito Terrestre, Estado Trujillo, Venezuela., Correo electrónico: joseito59@hotmail.com

Héctor de las Cuevas Milán, Correo electrónico: hector@unah.edu.cu

Armando García de la Figal, Correo electrónico: areloy@unah.edu.cu

Astrid Fernández de Castro, Correo electrónico: astrid@unah.edu.cu

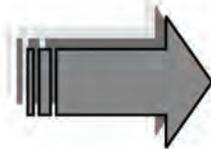
Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



CENTRO DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

LABORATORIO DE OLEOHIDRÁULICA

SERVICIOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS



- Descontaminación de aceites oleohidráulicos
- Fabricación de equipos portátiles de filtraje de aceites
- Recuperación (emboquillado) y fabricación de mangueras
- Diagnóstico y evaluación de circuitos oleohidráulicos y sus componentes
- Cursos y entrenamientos de posgrado

Solicitudes de ofertas a:

Dr.C. Ernesto Ramos Carbajal
Centro de Mecanización Agropecuaria
Autopista Nacional y Carretera de Tapaste. km 23, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Apdo. 18-19
Tel.: (53)(47) 864346
E_mail: carbajales@unah.edu.cu