



Revista Ingeniería Agrícola

ISSN: 2306-1545

ISSN: 2227-8761

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola

Castillo-Rodríguez, Juan A.; Ávalos-Clavelo, Julio L.; González-Cueto, Omar;
Sánchez-Valle, Sandra; Acevedo-Darias, Manuel; León-Silverio, Yuriel; López-
Bravo, Elvis; Salcerio-Salaberry, Rafael Alejandro; Betancourt-Rodríguez, Yoel
Factores que influyen en el rendimiento de cosechadoras de caña de azúcar, en Villa Clara
Revista Ingeniería Agrícola, vol. 11, núm. 1, e05, 2021, Enero-Marzo
Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586269368005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

MECANIZACIÓN AGRÍCOLA

ARTÍCULO ORIGINAL



<https://eqrcode.co/a/czjoV9>

Factores que influyen en el rendimiento de cosechadoras de caña de azúcar, en Villa Clara

Factors that Influence the Throughput Capacity of Sugar Cane Harvesters in Villa Clara Province

Ing. Juan A. Castillo-Rodríguez¹, Ing. Julio L. Ávalos-Clavelo¹, Dr.C. Omar González-Cueto^{III}, MSc. Sandra Sánchez-Valle^{II}, MSc. Manuel Acevedo-Darias^{II}, MSc. Yuriel León-Silverio^{II}, Dr.C. Elvis López-Bravo^{II}, Est. Rafael Alejandro Salcerio-Salaberry^{III} Dr.C. Yoel Betancourt-Rodríguez^{II}

¹ Empresa Azucarera Villa Clara, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

^{II} Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Dpto. de Ingeniería Agrícola, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

RESUMEN. La obtención de altos rendimientos en la operación de las cosechadoras cañeras es un índice que condiciona la obtención de menores gastos directos de explotación durante el desarrollo de la cosecha y transporte de la caña de azúcar. El presente trabajo se realizó con el objetivo de analizar los factores que determinan el rendimiento de cosechadoras KTP 2M y CASE IH 8000 en función de diferentes longitudes de frentes de corte. La investigación se llevó a cabo en la APA Panchito Gómez Toro de la Empresa Azucarera Villa Clara, durante la zafra 2020. Se obtuvieron mediante fotocronometraje los principales tiempos que componen el movimiento dentro de los campos de cosechadoras KTP-2M y CASE IH 8000. También se obtuvo el consumo de combustible durante la realización de los trabajos. Los resultados muestran que longitudes de frente de corte inferiores a 300 m representan mayores pérdidas de tiempo, e índices de consumo de combustible superiores durante la realización de la tarea de corte de los pelotones de cosechadoras y que longitudes de frentes de corte superiores a 500 m no representan incremento en el rendimiento, ni menores índices de consumo de combustibles. Para las áreas de bajos rendimientos son más productivas las cosechadoras KTP, dado el ahorro de combustible por tonelada cosechada respecto a las CASE. Se debe conocer previamente a la cosecha el tiempo de viraje, índice de consumo de combustible y tiempo para cosechar la tarea, dado que estos factores son determinantes para una organización adecuada del trabajo del pelotón de cosechadoras.

Palabras clave: rendimiento, CASE IH 8000, longitud de frente de corte.

ABSTRACT. Obtaining high throughput capacity in the operation of sugarcane harvesters is an index that conditions the obtaining of smaller direct operating expenses during the development of the harvest and transportation of sugar cane. The present work was carried out in order to analyze the factors that determine the throughput capacity or performance of KTP 2M and CASE IH 8000 combines based on different widths of the plots. The research was carried out at the Panchito Gómez Toro farm of the Villa Clara Sugar Enterprise, during the 2020 season. The main times of the movement within the fields of KTP-2M and CASE IH 8000 combines were obtained by stopwatch. Additionally, was obtained the fuel consumption during the work. The results show that plots widths of less than 300 m represent greater losses of time, and higher fuel consumption rates and that plots with widths greater than 500 m do not represent an increase in throughput capacity nor lower fuel consumption rates. The KTP combines are more productive for low-yield areas, given the savings fuel per ton harvested in relation to the CASE. The turning time, fuel consumption index and time to harvest the daily norm must be known prior to harvest, since these factors are decisive for a proper organization of the work of the harvesters group.

Keywords: Throughput Capacity, CASE IH 8000, Plot Width.

¹ Autor para correspondencia: Omar González-Cueto, e-mail: omar@uclv.edu.cu

Recibido: 27/08/2020.

Aprobado: 09/12/2020.

INTRODUCCIÓN

En Cuba, la evaluación de la productividad de las máquinas agrícolas, generalmente, se hace por el método del fotocronometraje, aplicando la NC 34-37 (2003), con la cual es posible identificar todos los tiempos en que se realiza el proceso productivo y obtener los indicadores de productividad, de gastos y los coeficientes de explotación de los conjuntos y máquinas autopropulsadas durante el tiempo de trabajo, el tiempo operativo, etc. Varias son las investigaciones que se han realizado con este objetivo: {Citation}, entre otros. En cosechadoras de caña de azúcar las investigaciones han estado dirigidas por Daquinta *et al.* (2014), De la Rosa *et al.* (2014), Matos y López (2011), Suárez-Ponciano *et al.* (2006), entre otros. Sin embargo, no se han hecho investigaciones que permitan establecer cómo influyen las condiciones de los campos y los métodos de movimiento utilizados en el rendimiento de las cosechadoras de caña de azúcar. El presente trabajo tiene como objetivo analizar los factores que determinan el rendimiento de cosechadoras KTP 2M y CASE IH 8000 en función de diferentes longitudes de frentes de corte.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se utilizaron datos obtenidos mediante cronometraje, en evaluaciones de campo realizadas en la APA Panchito Gómez Toro, de Villa Clara. En esta investigación participaron estudiantes de la carrera de Ingeniería Agrícola, de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas (UCLV), asesorados por personal docente de dicha facultad y especialistas de la APA y la Empresa Azucarera Villa Clara. Se determinó el tiempo que se invierte en las diferentes operaciones que se realizan durante el corte; factores estos que inciden directamente en la eficiencia de campo de las cosechadoras. Longitud de frente de corte se refiere a la longitud de uno o más surcos que al estar situados en la misma dirección, en campos adyacentes, se cortan uno a continuación de otro, sin realizar giros para el cambio de sentido en el movimiento de las máquinas.

Las variables estudiadas por tipo de cosechadora fueron las siguientes:

- Tiempo utilizado en viraje según la longitud del frente de corte y el rendimiento agrícola seleccionado.
- Consumo de combustible por tonelada de caña según la longitud del frente de corte y el rendimiento agrícola seleccionado.
- Tiempo utilizado para cortar la tarea según la longitud del frente de corte y el rendimiento agrícola seleccionado.
- Eficiencia de campo para cortar la tarea según la longitud del frente de corte y el rendimiento agrícola seleccionado.

Los rendimientos agrícolas (Ra) seleccionados para la realización de los trabajos para KTP fueron: 20; 30 y 40 t/ha; en el caso de las CASE se tomaron 30; 50 y 70 t/ha. Se estableció que la cosechadora KTP corta en los tres rendimientos agrícolas a la misma velocidad de corte 5 km/h, para el caso de CASE se establecieron velocidades de 7; 5,1 y 4,3 km/h respectivamente. Además, se establecieron las tareas de corte (Tc) diaria asignadas a estas en los pelotones, que en el caso de KTP responde a

100 t y de las CASE 400 t. Las máquinas cortaron en un marco de siembra de 1,6 m, para este corresponden 6250 m/ha surco. Las longitudes del frente de corte seleccionadas fueron desde 100 m hasta 1000 m en intervalos de 100 m.

El tiempo efectivo de trabajo de las cosechadoras se determinó mediante la ecuación.

$$Te = \frac{Lc}{v}$$

donde:

Te - tiempo efectivo de trabajo (h);

Lc - longitud a cosechar para la tarea (km);

v - velocidad de corte promedio (km/h);

$Lc = Tac$ (6250/1000)

Tac - total de área a cosechar (ha);

$Tac = Tc/Ra$

Tc - tarea de corte (t)

El tiempo perdido para la realización de la tarea de corte se determinó a partir del resultado de las mediciones realizadas a las cosechadoras, donde se determinó el tiempo empleado en viraje. El cálculo del tiempo perdido solo va a tomar en cuenta este factor, debido a que es el que está vinculado directamente a la forma y dimensiones de los campos. Se calculó a partir de la ecuación siguiente.

$$Tp = \frac{Lc * 1000}{L_{fc}} * \frac{Tv}{60}$$

donde:

Tp - tiempo perdido para la realización de la tarea de corte (h);

Tv - tiempo empleado en viraje (min);

L_{fc} - longitud del frente de corte (m)

El tiempo necesario para la realización de la tarea de corte es la suma del tiempo efectivo y el tiempo perdido en los giros.

El consumo de combustible (Cc) se determinó a partir de la siguiente ecuación.

$$Cc = (Te + Tp) * \frac{Ch}{Tc}$$

donde:

Ch - consumo horario de combustible, 23,65 litro por motohoras para la KTP y 38,50 litro por motohoras para la CASE.

El cálculo incluyó el combustible consumido durante el cambio de medios de transporte con el motor de la combinada funcionando, este se produce cuando el tiempo de espera es corto, ya que si es prolongado lo indicado es detener el funcionamiento del motor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del resultado de las cronocartas se obtuvo que el tiempo promedio de viraje de la cosechadora KTP es de 1,56 min y el de la CASE IH 8000 fue de 1,04 min. Las Figuras 1 y 2 muestran, para las cosechadoras KTP y CASE, los resultados del tiempo de viraje para la realización de la tarea de corte, para los tres rendimientos y las longitudes del frente de cortes estudiados.

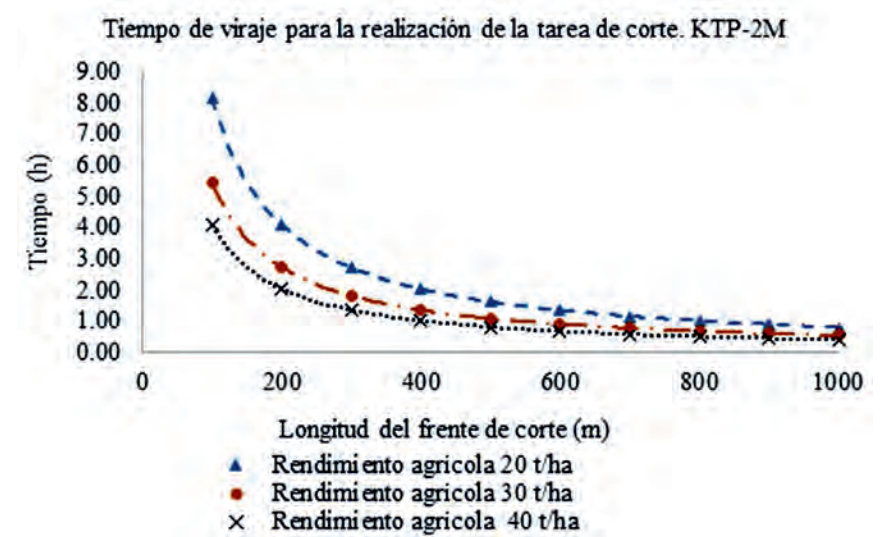


FIGURA 1. Tiempo de viraje para la realización de la tarea, para los tres rendimientos y las longitudes de los frentes de cortes estudiados, cosechadora KTP 2M.

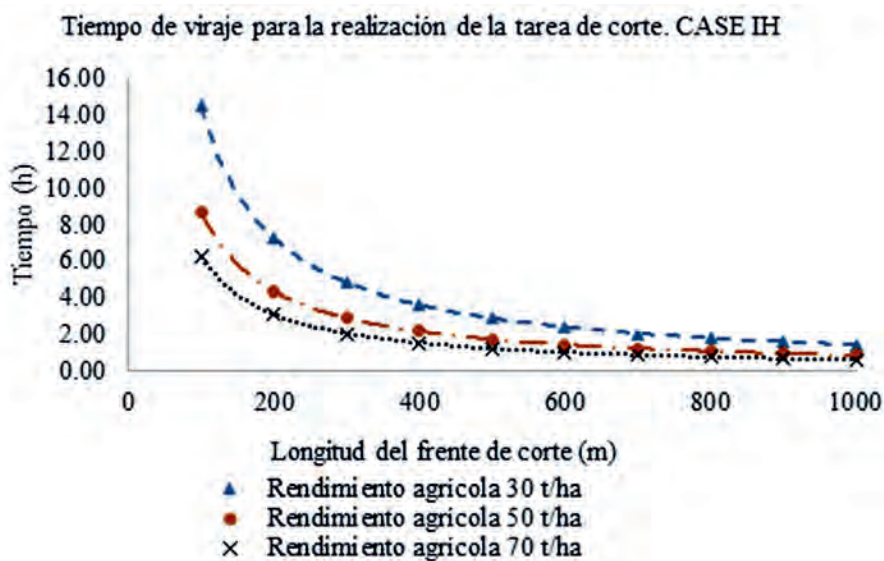


FIGURA 2. Tiempo de viraje para la realización de la tarea, para los tres rendimientos y las longitudes de los frentes de cortes estudiados, cosechadora CASE IH 8000.

En las Figuras 1 y 2, se aprecia que para cortar la tarea, el tiempo de viraje disminuye en la medida que aumenta la longitud del frente de corte y el rendimiento agrícola de las áreas. Para longitudes de frentes de corte pequeñas, independientemente del rendimiento agrícola, se incrementa el tiempo utilizado en el viraje y de forma inversa para los casos en que las longitudes

aumenten. La ecuación de las curvas de las líneas de tendencia que aparecen en las figuras son del tipo potencial, definida como; $y = ax^{-n}$, donde: y - Tiempo en viraje (h); x - longitud del frente de corte, mientras que a y n dependen del rendimiento agrícola de las áreas. La Tabla 1 muestra las ecuaciones de predicción obtenidas de las curvas de tendencia y los ajustes R^2 de cada una de estas.

TABLA 1. Ecuación de las curvas de predicción del tiempo de viraje y ajuste R^2 para cada rendimiento agrícola y tipo de cosechadora

Rendimiento agrícola t/ha	KTP 2M		CASE IH 8000	
	Ecuación	R^2	Ecuación	R^2
20	$Y=830,29X^{-1,004}$	0,9997	$Y=1448X^{-1}$	1
30	$Y=546,15X^{-1,002}$	1		
40	$Y=401,38X^{-0,998}$	1		
50			$Y=867,96X^{-1}$	1
70			$Y=620,78X^{-1,001}$	1

Investigaciones han demostrado que las dimensiones del campo son uno de los factores que influyen en el tiempo de giro de las cosechadoras (SASA, 1998; Meyer, 1999; Ma *et al.*, 2015). La eficiencia en el uso de las cosechadoras debe ser tomado en cuenta desde la conformación de los campos al término de la preparación de suelos, buscando en la configuración y conformación de las áreas que los frentes de corte sean de longitud lo más grande posible hasta los 400 o 500 m, como muestra las Figuras 1 y 2. A partir de 400 o 500 m el tiempo de viraje se manifiesta de forma asintótica, es casi el mismo hasta los 1000 m, por lo tanto, no es recomendable frentes de corte tan largos. Frentes de corte muy largos dificultan el cambio de transporte, es mayor el recorrido a realizar, por lo tanto, el consumo de combustible se incrementa. Para evitar que un remolque cargado en medio de un campo muy largo deba avanzar hasta la cabecera del mismo para salir, se deben incluir guardarrayas de salida, que permitan disminuir la distancia media que deben transitar los equipos de transporte.

Otros factores que inciden en el tiempo de giro de las cosechadoras es la maniobrabilidad de estas, en las mediciones realizadas en campo se obtuvo que el tiempo promedio de giro de la KTP fue de 1,56 minutos y en el caso de la CASE de 1,04 minutos. Esta última cosechadora tiene una distancia entre ejes de 2,96 m, es más compacta y menos larga que la KTP, lo que la hace más maniobrable que la KTP con una distancia entre ejes de 3,5 m. Jrobostov (1977), expresa que el radio mínimo de viraje de las máquinas autopropulsadas depende, además de otros factores, de la distancia entre ejes y como hemos visto el de la KTP es superior en 0,54 m a la CASE. Otro factor que incide en la maniobrabilidad de las cosechadoras es la experiencia del operador (Meyer, 1999), generalmente las máquinas CASE son priorizadas en la preparación, capacitación y selección del personal.

Al analizar el tiempo utilizado en viraje por las cosechado-

ras hay que tener en cuenta, que después que estas giran tienen que esperar por el viraje del tractor con remolque o el camión, perdiéndose un tiempo por espera del transporte que influye en la eficiencia del sistema. En la medida en que el equipo de transporte intermedio es más pesado, la distancia entre ejes de los remolques es mayor, o están acoplados dos remolques a camiones o tractores, mayor será el tiempo perdido por la espera del transporte. La preparación de las cabeceras de los campos, para la realización de los giros y la conformación de una franja de viraje, acondicionada en función de las longitudes de salida de los equipos de transporte intermedio, es fundamental para la disminución de los tiempos perdidos durante el viraje en la cosecha.

En la investigación realizada se constató que el ancho de la franja de viraje no siempre es el adecuado, por lo cual la combinada y el medio de transporte invierten más tiempo en realizar las maniobras de giro. Falta de preparación en la entrada y salida de los surcos, si se realiza el descabezado del surco con la combinada se incrementa el tiempo de la operación de giro. Si la franja de viraje no tiene el ancho necesario y se utiliza el doble auto-basculante, el tiempo se incrementa por el mayor radio de giro que necesitan estos equipos.

En las Figura 3 y 4 se muestran las curvas de los tiempos necesarios para la realización de la tarea de corte, estos incluyen los tiempos perdidos en viraje más los tiempos efectivos de trabajo. Como se aprecia en las figuras, las tendencias son similares a las del tiempo de viraje, el tiempo dedicado a la realización de la tarea de corte aumenta cuando las longitudes de los frentes de corte son menores y mientras menor es el rendimiento agrícola de los campos. El tiempo necesario para la realización de la tarea de corte se incrementa hasta los 400 o 500 m de la longitud del frente de corte, ya a partir de esta longitud se mantiene asintótico, mayores longitudes del frente de corte no representan menores tiempos de corte.

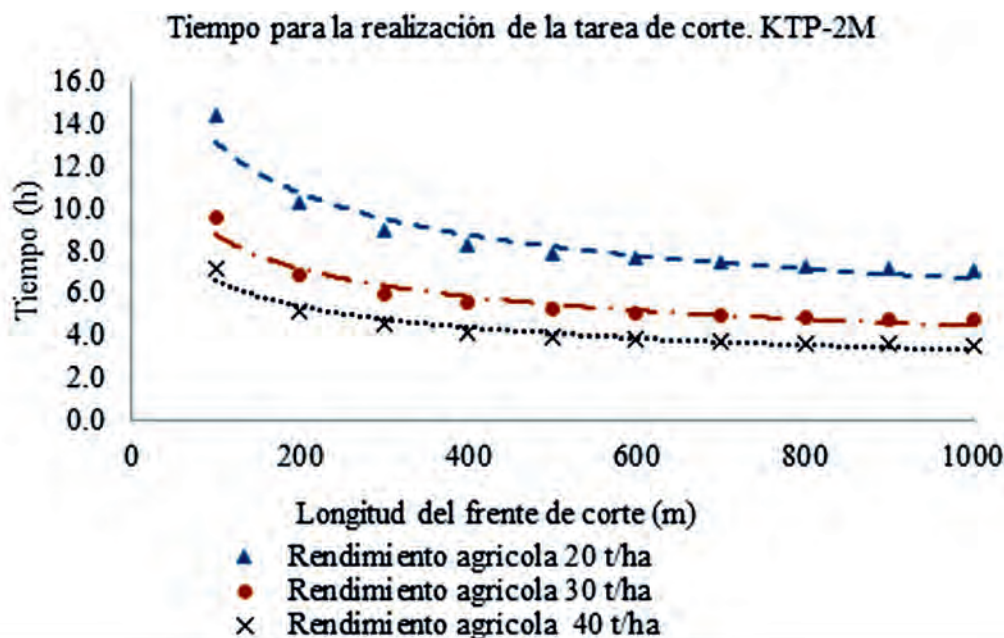


FIGURA 3. Tiempo para la realización de la tarea de corte, para los tres rendimientos y las longitudes de los frentes de cortes estudiados, cosechadora KTP 2M.

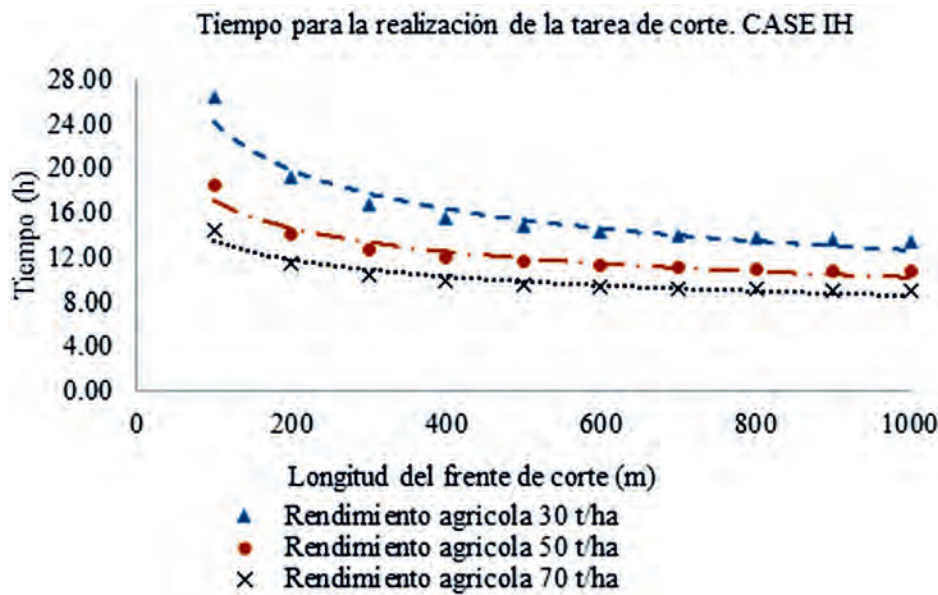


FIGURA 4. Tiempo para la realización de la tarea de corte, para los tres rendimientos y las longitudes de los frentes de cortes estudiados, cosechadora CASE IH 8000.

Las ecuaciones de predicción obtenidas a partir de las curvas de tendencia también son del tipo potencial, la Tabla 2 muestra estas y los ajustes R^2 de cada una de las curvas obtenidas. Los ajustes obtenidos son algo menores, pero se pueden utilizar con muy buenos resultados para la realización de predicciones del tiempo necesario para la realización de la tarea de corte.

TABLA 2. Ecuación de las curvas de predicción del tiempo para la realización del corte y ajuste R^2 para cada rendimiento agrícola y tipo de cosechadora

Rendimiento agrícola t/ha	KTP 2M		CASE IH 8000	
	Ecuación	R ²	Ecuación	R ²
20	$Y=50,973X^{-0.294}$	0,9481		
30	$Y=33,944X^{-0.294}$	0,9481	$Y=88,068X^{-0.281}$	0,9462
40	$Y=25,439X^{-0.294}$	0,9476		
50			$Y=48,235X^{-0.225}$	0,9374
70			$Y=33,72X^{-0.199}$	0,9331

Durante la realización de las pruebas se determinaron otros elementos de pérdidas de tiempo durante la cosecha, estos no se incluyeron en los datos para la realización de las curvas debido a que representaron poco tiempo del total. Uno de los aspectos analizados fue el tiempo de cruce entre máquinas cuando se corta por el mismo lado del campo; es decir, el tiempo perdido cuando las dos cosechadoras están cortando el mismo surco y se encuentran de frente en el campo, en ese momento los operadores, de las cosechadoras y los medios de transporte, paran la marcha se cambian hacia el surco siguiente y siguen cortando cada uno en la dirección en que venían. Este tiempo perdido para las cosechadoras KTP-2M promedió 2,75 minutos y para las CASE IH 8000 fue de 1,58 minutos. Este tiempo perdido es completamente innecesario, si se hace una adecuada organización del trabajo del pelotón dentro del campo, se puede lograr que las máquinas trabajen en campos adyacentes, en ambos lados del campo cuando estos se van terminando o que empleen métodos de movimiento en franjas. Otro tiempo perdido innecesario que se observa en muchas ocasiones, es cuando se realizan trochas dentro de los campos, para facilitar el trabajo

de las máquinas. Cuando se realizan estas, generalmente es el tiempo perdido por el corte de tres surcos sin que se aprovecha la caña cortada, dado que después no es recogida completamente por las máquinas al cosechar los surcos adyacentes.

En la conformación de los campos debe tenerse en cuenta, no solo la obtención de la mayor cantidad de caña de azúcar posible, sino además la eficiencia en el uso de los medios cosecha y transporte. Después de establecidos los campos, durante los años que dure la plantación, las máquinas van a estar condenadas a un rendimiento ya preestablecido, que no va a estar en dependencia de las máquinas ni de la organización del pelotón. El rendimiento de las cosechadoras de caña depende: de la maniobrabilidad de las máquinas y de las habilidades de los operadores que logran disminuir los tiempos perdidos por la operación de las máquinas en el campo, tiempo de giro en las cabeceras; la organización adecuada del trabajo del pelotón en el campo, que permita el menor número posible de movimientos dentro del campo, el menor tiempo por la espera de transportes, mínimo tiempos perdidos por la realización de trochas o por cambio de surco, que el número de giros no productivos

sea el mínimo, que la distancia recorrida durante los giros sea mínima; la conformación de los campos, longitud apropiada del frente de corte, no cosechar campos de formas irregulares y el rendimiento agrícola del cultivo.

En las Figura 5 y 6 se muestran las curvas de índice de consumo de combustible por tonelada de caña cortada, como se aprecia en las figuras, las tendencias son similares a las del tiempo de viraje y el tiempo dedicado a la realización de la tarea de corte, aumentando el índice de consumo de combustible cuando las longitudes de los frentes de corte son menores y mientras menor es el rendimiento agrícola de los campos. Aquí se observa la marcada influencia que tiene el rendimiento agrícola en el índice de consumo de combustible, para el caso

de KTP 2M el índice, en rendimientos de 20 t/ha es de 3,04 L/t y en rendimiento de 40 t/ha es de 1,7 t/ha. Esta diferencia representa que se gastan 134 L de combustible más para cortar la tarea, en un campo de 100 m con 20 t/ha de rendimiento que en el de 40 t/ha. Al comparar el índice de consumo de combustible de ambos modelos de cosechadoras, se observa que la KTP en rendimiento agrícola de 30 t/ha tiene un índice consumo de 2,27 t/ha y la CASE en ese mismo rendimiento agrícola tiene un índice superior 2,54 L/t. Es decir, en campos de poca longitud y bajo rendimiento agrícola, las CASE son menos eficientes en cuanto al uso del combustible que las KTP. Estos elementos deben ser tenidos en cuenta cuando se organiza la cosecha y se distribuyen los pelotones de cosechadoras.

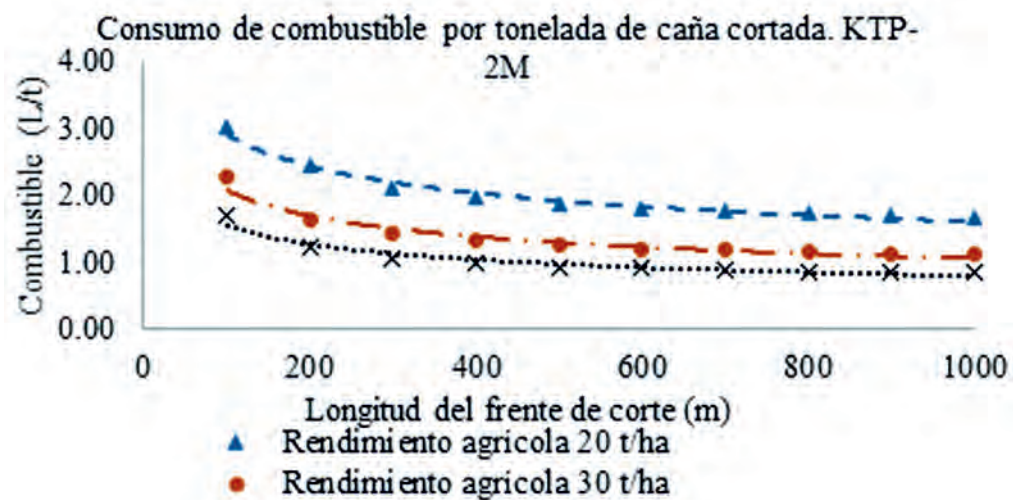


FIGURA 5. Índice de consumo de combustible, para los tres rendimientos y las longitudes de los frentes de cortes estudiados, cosechadora KTP-2M.

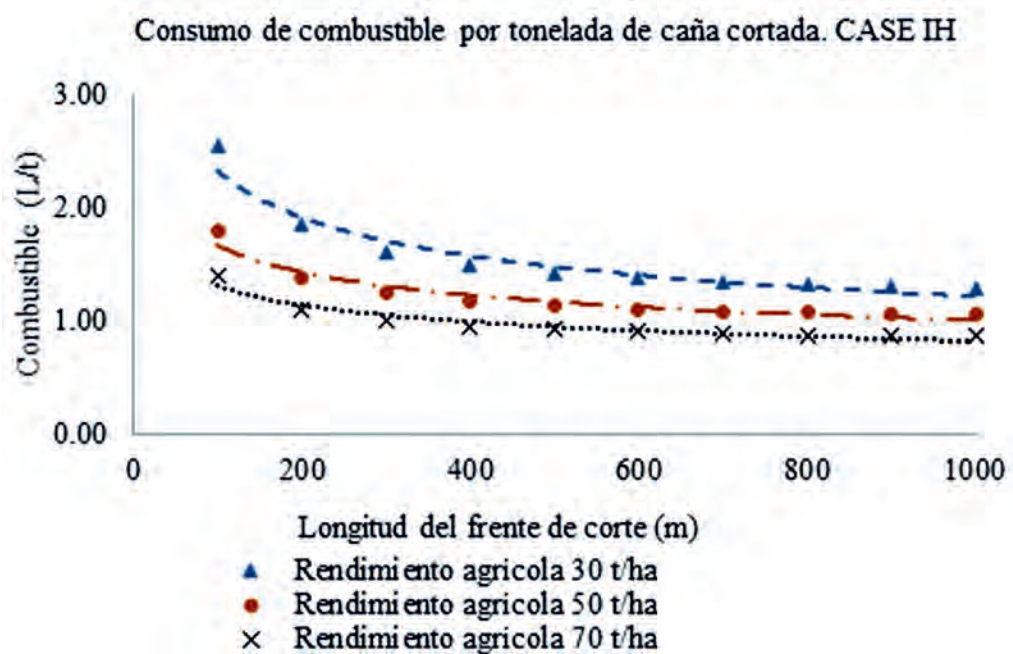


FIGURA 6. Índice de consumo de combustible, para los tres rendimientos y las longitudes de los frentes de cortes estudiados, cosechadora CASE IH 8000.

Las ecuaciones de predicción obtenidas a partir de las curvas de tendencia son potenciales, la Tabla 3 muestra estas y los ajustes R^2 de cada una de las curvas obtenidas. Los ajustes obtenidos son mayores al 93% lo cual muestra el buen ajuste entre mediciones y predicción.

TABLA 3. Ecuación de las curvas de predicción del índice de consumo de combustible y ajuste R^2 para cada rendimiento agrícola y tipo de cosechadora

Rendimiento agrícola t/ha	KTP 2M		CASE IH 8000	
	Ecuación	R^2	Ecuación	R^2
20	$Y=9,6374X^{-0.26}$	0,9761		
30	$Y=8,0605X^{-0.295}$	0,9483	$Y=8,5314X^{-0.282}$	0,9462
40	$Y=5,9595X^{-0.292}$	0,9452		
50			$Y=4,6075X^{-0.221}$	0,9321
70			$Y=3,2779X^{-0.2}$	0,9331

Para mejorar la eficiencia en el uso de las cosechadoras, es importante conocer previamente antes de iniciar el corte, cuales son los valores de los principales parámetros que intervienen en la cosecha para tomar previamente las decisiones correspondientes; esto ayudará a interpretar mejor este proceso productivo. Para esto se desarrolló una *HOJA DE CÁLCULO EN EXCEL*, que determina estos parámetros (Figura 7); los mismos son:

- Longitud a cosechar para la tarea
- Total de área a cosechar
- Tiempo efectivo de corte
- Tiempo utilizado en viraje
- Consumo de combustible
- Tiempo necesario para la tarea

Solo se requiere de las áreas a cosechar dos datos básicos:

- El rendimiento agrícola del área a cosechar
- La longitud posible del frente de corte

El procedimiento es muy simple, se introducen estos valores en las celdas en amarillo y la operación se ejecuta automáticamente. Estos datos son del dominio del área agrícola, el rendimiento de las áreas esta en el estimado y para la longitud del frente de corte nos podemos auxiliar de la información catastral, disponible en las APAS. Se debe conocer previamente a la cosecha los parámetros seleccionados (tiempo de viraje, índice de consumo de combustible y tiempo para cosechar la tarea) dado que estos factores son determinantes para una organización adecuada del trabajo del pelotón de cosechadoras de caña de azúcar.

HOJA EN EXCEL PARA EL CÁLCULO DE PARÁMETROS DE LA COSECHA

Trabajar solo en las celdas en amarillo

PARA UNA COSECHADORA KTP

Parámetros constantes de la cosechadora KTP			
Letra	Denominación	U/m	Cant
a	Tarea de corte	t	100,00
b	Marco de siembra	m	1,60
c	Tiempo de viraje promedio	minuto	1,56
d	Velocidad de corte promedio	km /h	5,00
e	Consumo horario	l /mh	23,65

Calcular variables para una tarea de corte

Ecuación que define

f	SELECCIONE REND	t /ha		
g	Longitud a cosechar para la tarea	km	#¡DIV/0!	$g = a / f * 6250 / 1000$
h	Total de área a cosechar	ha	#¡DIV/0!	$h = a / f$
i	Tiempo efectivo de corte	h	#¡DIV/0!	$i = g / d$
j	SELECCIONE LONG DEL FRENTE DE CORTE	m		
k	Tiempo utilizado en viraje	h	#¡DIV/0!	$k = g * 1000 / j * c / 60$
l	Consumo de combustible	l /t	#¡DIV/0!	$l = (i + k) * e / a$
m	Tiempo necesario para la tarea	h	#¡DIV/0!	$h = (i + k)$

FIGURA 7. Imagen de hoja de cálculo en excel desarrollada para determinar los parámetros de la cosecha.

CONCLUSIONES

La longitud del frente de corte es un parámetro fundamental para alcanzar altos rendimientos durante el uso de las cosechadoras cañeras. Longitudes de frente de corte inferiores

a 400 m, representan mayores pérdidas de tiempo, e índices de consumo de combustible superiores durante la realización de la tarea de corte, de los pelotones de cosechadoras.

Longitudes de frentes de corte superiores a 500 m no representan incremento en el rendimiento ni menores índices de consumo de combustibles durante el trabajo de las cosechadoras de caña de azúcar KTP 2M y CASE IH 8000.

Para las áreas de bajos rendimientos son más productivas las cosechadoras KTP 2M, es significativo el ahorro de combustible por tonelada cosechada respecto a las CASE IH 8000.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BETANCOURT, Y.; M. RODRÍGUEZ; C. E. IGLESIAS; J. R. GÓMEZ; I. GARCÍA: “Índices de tres aperos de labranza primaria en suelo con superficie acanterada y residuos vegetales”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(1): 17-22, 2016. ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- DAQUINTA, A.; J. DOMÍNGUEZ; C. PÉREZ; M. FERNÁNDEZ: “Indicadores técnicos y de explotación de las cosechadoras de caña de azúcar CASE-IH 7000 y 8000 en la provincia de Ciego de Ávila”, *Ingeniería Agrícola*, 4(3): 3-8, 2014. ISSN: 2306-1545, e-ISSN: **2227-8761**.
- DE LA ROSA, A. A.; L. VENTURA; I. CALZADA; O. SUÁREZ: “Valoración del proceso de cosecha mecanizada de la caña de azúcar, utilizando las cosechadoras CASE IH (A 7000) en la empresa azucarera “Arquímedes Colina Antúnez””, *Ingeniería Agrícola*, 4(4): 30-34, 2014. ISSN: 2306-1545, e-ISSN: **2227-8761**.
- DIEGO, F.; M. HERRERA; O. GONZÁLEZ; A. E. GARCÍA DE LA FIGAL: “Evaluación de dos arados de tracción animal en las condiciones de la milpa de Oaxaca”, *Ingeniería Agrícola*, 5(1): 46-51, 2015. ISSN: 2306-1545, e-ISSN: **2227-8761**.
- GONZÁLEZ-CUETO, O.; N. MACHADO-TRUJILLO; J. A. GONZÁLEZ-ÁLVAREZ; M. ACEVEDO-PÉREZ; M. ACEVEDO-DARIAS; M. HERRERA-SUÁREZ: “Evaluación tecnológica, de explotación y económica del tractor XTZ-150K-09 en labores de preparación de suelo”, *Ingeniería Agrícola*, 7(1): 49-54, 2017. ISSN: 2306-1545, e-ISSN: **2227-8761**.
- JROBOSTOV, S. N.: *Explotación del parque de tractores y máquinas*, Editorial MIR, Moscú, 1977.
- MA, S.; P. A. SCHARF; M. KARKEE; Q. ZHANG: *Adaptability of Chopper Harvester in Harvesting Sugarcane, Energy Cane, and Banagrass* Proceedings of ASABE Annual International Meeting New Orleans, Louisiana 2015.
- MATOS, N.; J. LÓPEZ: *Evaluación técnico-explotativa y económica de las cosechadoras cañeras en la Empresa Azucarera Argentina. Florida. Camagüey, Cuba*, 2011.
- MEYER, E.: *Some measurements of mechanical sugarcane harvester performance* Proceedings of South African Sugar Technology Association. 1999.
- NC 34-37: *Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación tecnológico-explotativa.*, La Habana, 2003.
- RAMOS, R.; D. LORA: “Determinación de parámetros de explotación y económicos en el corte de forraje con diferentes máquinas cosechadoras”, *Ingeniería Agrícola*, 3(2): 31-38, 2013. ISSN: 2306-1545, e-ISSN: **2227-8761**
- SASA: *Factors to consider when implementing a mechanised cane harvesting system*, Information sheet, South African Sugar Association, Durban, SA., 1998.
- SUÁREZ-PONCIANO, C.; Y. RODRÍGUEZ-LÓPEZ; K. MÁRQUEZ-LORES: «Determinación y análisis de los principales índices de explotación de las cosechadoras de caña CAMECO», *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(4): 69-73, 2006. ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.

Juan A. Castillo-Rodríguez, Especialista de la Empresa Azucarera Villa Clara, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: omar@uclv.edu.cu

Julio L. Ávalos-Clavelo, Especialista de la Empresa Azucarera Villa Clara, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: omar@uclv.edu.cu

Omar González-Cueto, Profesor del Dpto. de Ingeniería Agrícola, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: omar@uclv.edu.cu

Sandra Sánchez-Valle, Profesora del Dpto. de Ingeniería Agrícola, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: omar@uclv.edu.cu

Manuel Acevedo-Darias, Profesor del Dpto. de Ingeniería Agrícola, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: omar@uclv.edu.cu

Yuriel León-Silverio, Profesor del Dpto. de Ingeniería Agrícola, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: omar@uclv.edu.cu

Elvis López-Bravo, Profesor del Dpto. de Ingeniería Agrícola, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: omar@uclv.edu.cu

Rafael Alejandro Salcerio-Salabe, Estudiante del Dpto. de Ingeniería Agrícola, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: omar@uclv.edu.cu

Yoel Betancourt-Rodríguez, Investigador Titular, INICA y Profesor Auxiliar. de Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: yoel.betancourt@nauta.cu; yoelbr15@gmail.com

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

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de [Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/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.