

Determinación de indicadores tecnológicos explotativos del prototipo de la cosechadora cañera CCA-5000 / Determination of exploitative technological indicators of the sugarcane harvester prototype CCA-5000

Julio Sanfort-Navarro sanfort@uho.edu.cu¹, José Alejandro Martínez-Grave de Peralta¹, Ramón Tamayo-Batista¹, Julian Remberto Sánchez-Alonso¹

Institución de los autores

¹Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento - No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



RESUMEN

La investigación se desarrolló en la UBPC “La Pedrera” perteneciente al CAI “Antonio Guiteras Holmes”, ubicado en el municipio Puerto Padre, provincia Las Tunas. Se evaluaron los índices tecnológicos explotativos del primer prototipo de la cosechadora de caña CCA-5000, mediante las pruebas de campo en distintas condiciones agrotécnicas, para lo cual se tuvieron en cuenta las metodologías para la obtención, análisis y evaluación de estos índices de las máquinas agropecuarias sometidas a pruebas. Para ello se efectuaron 30 observaciones, utilizando la técnica del cronometraje con la jornada laboral en base a 24 horas de trabajo, con el objetivo de obtener una representación adecuada del balance de tiempo de la jornada. Se recopilaron los datos y procesaron las ecuaciones que permitieron determinar los indicadores de calidad tecnológico-explotativos.

PALABRAS CLAVE: Cosechadoras de caña; Pruebas de campo; Índices tecnológicos explotativos.

ABSTRACT

The research was developed in the UBPC "La Pedrera" belonging to the CAI "Antonio Guiteras Holmes", located in the municipality of Puerto Padre, Las Tunas province. The exploratory technological indexes of the first prototype of the cane harvester CCA-5000 were evaluated, by performing field tests in different agro-technical conditions, for which the methodologies for obtaining, analyzing and evaluating these indexes of the agricultural

machines were taken into account. For this, 30 observations were made, using the technique of timekeeping based on a 24-hour work day, with the aim of obtaining an adequate representation of the time balance of the day. Data was collected and the equations were processed, which allowed to determine the technological-exploitative quality indicators.

KEYWORDS: Sugar cane harvesters; Field tests; Exploitative technological indexes.

INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del lógico desarrollo que ha sufrido la industria azucarera, sobre todo en su eslabón de cosecha, se ha continuado el perfeccionamiento de los sistemas de equipos, específicamente en lo referente a las cosechadoras de caña, que, por la complejidad de la labor que realizan, al estar sometidas a altas y variables cargas, así como a un régimen de trabajo en condiciones muy duras, han llevado a estudios de perfeccionamiento, para sustituir las máquinas por otras más eficientes; de ahí la importancia de definir sus principales índices de calidad y económicos. (Pino, 2009), (Álvarez Sánchez, 2014)

Para lograr este objetivo, se hace indispensable realizar investigaciones que incluyan pruebas de laboratorio y de campo, que permitan establecer las características tecnológicas explotativas y a través de ellas, valorar si se ha cumplido el objetivo trazado de lograr una máquina superior. Los estudios integrales de evaluaciones alrededor de las máquinas cosechadoras de caña permiten la corrección de posibles deficiencias de diseño, evitando que pasen con errores a la etapa de producción en serie, o que sean adquiridas por el país máquinas que no se adaptan a las condiciones reales del mismo, con una disminución de los gastos y el correspondiente tiempo. (CEDEMA, 2014)

Tanto las cosechadoras de cañas de azúcar diseñadas y fabricadas en el país, como algunos modelos importados, han sido sometidos a diversas evaluaciones con vistas a valorar su eficiencia y confort. En la actualidad, las pruebas que se realizan en las máquinas cosechadoras no consideran de manera integral las condiciones de explotación, fiabilidad, ergonómicas y agrotécnicas propias del país.

Esta es la tarea que le toca desarrollar con mucha responsabilidad y eficiencia al Ministerio de la Agricultura, Centros de Investigaciones de las Universidades y el Centro de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola (CEDEMA).

Teniendo en cuenta que el país tiene la necesidad de tener máquinas resistentes y duraderas capaces de soportar el rigor de las zafras azucareras cubanas se hace necesario determinar los indicadores de los procesos explotativos del primer prototipo de la cosechadora de caña CCA-5000 en condiciones de campo, lo que posibilita el análisis y evaluación de cada una de las funciones principales y secundarias, lo que permite emitir un criterio acertado sobre la posibilidad de continuar con el desarrollo del nuevo modelo, perfeccionarlo, elevar su eficiencia y productividad, basándose en información experimental exacta y confiable. (CEDEMA, 2014)

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar los indicadores de los procesos explotativos del primer prototipo de la cosechadora de caña CCA-5000 en condiciones de campo se tuvieron en cuenta las metodologías para la obtención, análisis y evaluación de los índices de la efectividad tecnológica explotativa de las máquinas agropecuarias sometidas a pruebas.

Entre las principales metodologías conocidas en el mundo científico dirigidas a la evaluación de máquinas y/o equipos agrícolas se encuentran las siguientes: (Daquinta Gradaille, 2014), (García Cuba, 2011), (Pino, 2009), (De las Cuevas Milán, 2014)

- Norma: Equipment for harvesting -- Combine harvesters – Test procedure.
- Norma Cubana 34-37(1985): Metodología para la obtención, análisis y evaluación de los índices de la efectividad tecnológico-explotativa de las máquinas agropecuarias y forestales, sometidas a pruebas estatales. Esta norma establece la metodología para la obtención, análisis y evaluación de los índices de la efectividad tecnológico-explotativa de las máquinas agropecuarias y forestales, sometidas a pruebas estatales, la cual se divide en dos partes fundamentales:
 - La evaluación de la nueva máquina durante todo el volumen de trabajo según el programa de pruebas
 - La evaluación comparativa de la nueva máquina con la máquina en explotación que se lleva a cabo mediante turnos de control.
- Norma ISO 8210 (1989): Equipment for harvesting - Combine harvesters - Test procedure: Esta norma internacional, cuyo título en español es: Equipo para la cosecha–Cosechadoras–Procedimiento de Pruebas, especifica un procedimiento de ensayo para cosechadoras, aplicable a todos los tipos de cosechadoras.

➤ Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Principios y Prácticas de Prueba y Evaluación de Máquinas y Equipos Agrícolas.

Metodología para la obtención de los índices tecnológicos explotativos. (Pino, 2009), (Matos Ramírez, 2010)

Para evaluar de forma general una máquina son múltiples los índices que se toman en consideración, muchos de los cuales se encuentran referidos en la norma ISO 8210 (1989): Equipo para la cosecha–Cosechadoras–Procedimiento de Pruebas y en la norma NC 92-10:78 "Control de la calidad. Fiabilidad. Términos y definiciones".

La evaluación tecnológica explotativa comprende dos partes fundamentales:

- Evaluación de la nueva máquina durante todo el volumen de trabajo según el programa de pruebas. Este volumen será el correspondiente al de un periodo agrotécnico completo en condiciones normales.
- Evaluación comparativa de la nueva máquina con las máquinas en explotación que se lleva a cabo mediante turnos de control para realizar la labor considerada como base.

Peritaje técnico de las máquinas cosechadoras de caña. (CEDEMA, 2014), (Pérez Torres, 2013)

Esta evaluación se realiza según la norma ISO 8210 (1989); en este documento se especifica que la misma deberá realizarse en una superficie que cumpla con las condiciones preestablecidas. Se realiza uno antes de comenzar las pruebas para verificar que los órganos de trabajo trabajen dentro de los parámetros establecidos y eliminar posibles fallos e incorrecciones. Se realizan otros dos durante y después de la cosecha, con el objetivo de conocer aquellos conjuntos y accesorios de las máquinas que de una manera u otra han presentado dificultades.

Para la realización del peritaje técnico debe tenerse en cuenta, sobre todo, los siguientes aspectos:

- Documentación técnica de la máquina.
- Instrumentos y medios de medición verificados.

Clasificación de los tiempos del modelo de cronometraje. (Pino, 2009), (Colás Romero, 2012)

Para la determinación de los índices tecnológicos-explotativos de calidad se clasifican los tiempos del modelo de cronometraje como sigue:

T_1 : Tiempo limpio de trabajo (h): Es el tiempo transcurrido en la cual la máquina según la tarea elabora (conserva), dosifica y cambia el objeto de trabajo.

T_2 : Tiempo auxiliar (h).

$$T_2 = T_{21} + T_{22} + T_{23}$$

T_{21} : Tiempo de viraje (h): Es el gasto de tiempo al final de cada pasada cuando se interrumpe el proceso tecnológico y la máquina realiza la maniobra viraje para cambiar el trabajo.

T_{22} : Tiempo de traslado en vacío en el lugar de trabajo (h).

T_{23} : Tiempo de regulaciones tecnológicas (h).

T_{02} : Tiempo operativo (h).

$$T_{02} = T_1 + T_2$$

T_{021} : Tiempo efectivo (h)

$$T_{021} = T_1 + T_{21}$$

T_3 : Tiempo de operaciones técnicas de la máquina en prueba (h).

$$T_3 = T_{31} + T_{32} + T_{33}$$

T_{31} : Tiempo de mantenimiento técnico (h).

T_{32} : Tiempo de regulación de los órganos de trabajo (h).

T_{33} : Tiempo para preparar la máquina (h).

T_4 : Tiempo para la eliminación de fallos (h).

$$T_4 = T_{41} + T_{42}$$

T_{41} : Tiempo para la eliminación de los fallos tecnológicos (funcionales) (h).

T_{42} : Tiempo para eliminar los fallos técnicos (h).

T_{04} : Tiempo productivo (h).

$$T_{04} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

T_5 : Tiempo de descanso y necesidades del personal de servicio de la máquina en prueba (h).

T_6 : Tiempo de traslado no operativo (h).

$$T_6 = T_{61} + T_{62}$$

T_{61} : Tiempo de traslado para eliminar fallos (h).

T_{62} : Tiempo de traslado entre campos o al parqueo (h).

T_7 : Tiempo de mantenimiento o reparación de los medios de transporte (h).

Tiempo de turno sin fallos T_t (h).

$$T_t = T_1 + T_2 + T_3 + T_5 + T_6 + T_7$$

T_{07} : Tiempo explotativo (h).

$$T_{07} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7$$

T_8 : Tiempo de interrupciones de la máquina en prueba (h).

$$T_8 = T_{81} + T_{82} + T_{83} + T_{84} + T_{85}$$

T_{81} : Tiempo de paradas por causas organizativas (h).

T_{82} : Tiempo de paradas por causas meteorológicas como fuertes lluvias. Alta o bajas temperaturas, alta humedad de los campos o cultivos (h).

T_{83} : Tiempo de interrupciones del proceso industrial (h).

T_{84} : Tiempo de parada por fallos provocados por obstáculos o vegetación (h).

T_{85} : Tiempo de parada debido a otras causas (h).

T_g : Tiempo general de observación (h).

$$T_g = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8$$

T_i : Tiempo imputable a la máquina (h).

$$T_i = T_4 + T_{61}$$

T_{ni} : Tiempo no imputable a la máquina (h).

$$T_{ni} = T_3 + T_5 + T_{62} + T_7 + T_8$$

Indicadores de calidad tecnológico-explotativos. (Pino, 2009)

Productividad por hora de tiempo limpio W_1 (t/h).

a) De utilización.

$$W_{01} = Q/T_1$$

Donde:

Q: volumen de trabajo realizado en la máquina en toneladas.

Productividad por hora de tiempo efectivo W_{021} (t/h).

$$W_{021} = Q/T_{021}$$

Productividad por hora de tiempo operativo W_{02} (t/h).

$$W_{02} = Q/T_{02}$$

Productividad por hora de tiempo productivo W_{04} (t/h).

$$W_{04} = Q/T_{04}$$

Productividad por hora de tiempo de turno sin fallos W_t (t/h).

$$W_t = Q/T_t$$

Productividad por hora de tiempo de explotación. W_{07} (t/h).

$$W_{07} = Q/T_{07}$$

Productividad por jornada WG (t/h).

$$W_g = Q/T_g$$

Consumo de combustible por toneladas cosechadas C_e (L/t).

$$C_e = (C/Q)$$

Coefficientes de explotación. (Pino, 2009)

Coefficiente de pases de trabajo K_{21} .

$$K_{21} = T_1 / (T_1 + T_{21})$$

Coefficiente de traslado K_{22} .

$$K_{22} = T_1 / (T_1 + T_{22})$$

Coefficiente de pases de servicio tecnológico K_{23} .

$$K_{23} = T_1 / (T_1 + T_{23})$$

Coefficiente de utilización del tiempo productivo K_{04} .

$$K_{04} = T_1 / T_{04}$$

Coefficiente de mantenimiento técnico K_{31} .

$$K_{31} = T_1 / (T_1 + T_{31})$$

Coefficiente de seguridad técnica K_{42} .

$$K_{42} = T_1 / (T_1 + T_{42})$$

Coefficiente de seguridad tecnológica K_{41} .

$$K_{41} = T_1 / (T_1 + T_{41})$$

RESULTADOS

La investigación se desarrolló en la UBPC "La Pedrera" perteneciente al CAI "Antonio Guiteras Holmes", ubicado en el municipio Delicias, provincia Las Tunas, dedicada a la producción de caña de azúcar. Los campos son rectangulares de 500 metros de largo por 160 metros de ancho y los rendimientos agrícolas oscilan entre 50 y 100 toneladas por hectáreas de la variedad de caña Cuba 266-70 y Cuba 137-81, con terrenos acamellonados, llanos y ligeramente ondulados. Se evalúan los índices del prototipo de la cosechadora de caña CCA-5000, mediante las pruebas de campo en distintas condiciones agrotécnicas. Se efectuaron 30 observaciones, según la metodología para la evaluación tecnológica explotativa, con el objetivo de obtener una representación adecuada del balance de tiempo de la jornada que aparece en dicha metodología.

Las condiciones para la realización de las pruebas no fueron favorables a causa de las lluvias, el bajo rendimiento de los campos, preparación de los campos para el corte y la falta de organización que fueron los factores que más afectaron. Las observaciones se realizaron del 9 de mayo al 6 de junio. El método de estudio empleado fue el analítico-investigativo y para ello se utilizó la técnica del cronometraje con la jornada laboral en base a 24 horas de trabajo. (CEDEMA, Informes técnicos de la cosechadora de caña CCA-5000., 2014)

Obtención de los índices tecnológicos explotativos. (CEDEMA, 2014)

- **Evaluación del peritaje técnico.**

Solo se realizó una evaluación del peritaje técnico, durante el desarrollo de las pruebas por no contar con los instrumentos y medios de medición necesarios. A continuación se muestran resultados:

Relación de las principales insuficiencias detectadas durante la realización del Peritaje Técnico Corriente:

- Insuficiente ajuste de las uniones estructurales roscadas.
- Rotura de pasadores y apoyos del Tercer Tambor Superior.
- Desajuste en el volante y la caja de engranaje del Mecanismo Trozador.
- Bajas revoluciones de los Tambores Alimentadores y el Mecanismo Trozador.
- Altura de la Primera Cámara de Limpieza fuera de los parámetros normados.
- Choque del Transportador de Descarga con los medios de transporte, debido a la modificación en la altura de los mismos.
- Baja revoluciones de la estera del Transportador de Descarga.
- Poca apertura del deflector de la Segunda Cámara de Limpieza, provoca la caída de materias extrañas en el medio de transporte.
- Rotura del acoplamiento de la Caja de Bombas.
- Rotura del sello del hidromotor del Sistema de Enfriamiento de Aceite Hidráulico.
- Salideros de aceite hidráulico por las uniones.
- Fallos eléctricos en el Sistema de Ventilación de la Cabina (aire acondicionado) e inadecuada ubicación del mismo.
- Conexión en serie del circuito hidráulico del Mecanismo de las Cuchillas Laterales, deben ser independientes y reversibles.

- **Ejecución del cronometraje.** (CEDEMA, 2014)

Cronometraje: Es la medición y anotación del tiempo de duración de cada operación durante el período de trabajo de la máquina, su preparación antes y después de cada jornada, el control de la labor y el personal de servicio con las consideraciones de los resultados del trabajo diario del agregado.

Se anotan en un orden cronológico todas las operaciones y los elementos del tiempo de trabajo de la máquina y se especifican los datos sobre la organización de las pruebas, las condiciones existentes durante su ejecución, el régimen de trabajo de la máquina, las características de la caña, gasto de combustible, gastos de aceite y grasa, la cantidad de personal de servicio y otros tipos de datos vinculados con las pruebas de las cosechadoras.

La cantidad de caña cosechada por la combinada se toma del centro de recepción. Las carretas estarán enumeradas consecutivamente y cada vez que la combinada llene una en el campo se anotará el número en la cronocarta (cambio de carreta), los consumos de piezas, combustibles, lubricantes y otros materiales.

Los resultados de los muestreos de pérdidas y materias extrañas se anotan. Durante el procedimiento y análisis de la información se excluirán aquellos turnos con errores evidentes y los que no posean los elementos mínimos de la información, (producción, tiempos y área cosechada).

Cálculo de los tiempos de operación de la máquina. (CEDEMA, Informes técnicos de la cosechadora de caña CCA-5000, 2014)

Para determinar los índices de calidad lo primero que se debe de obtener son los tiempos de operación de la máquina los cuales se muestran a continuación.

Tabla 1. Códigos y tiempos reales de los resultados obtenidos en el cronometraje.

| No | Elemento del tiempo | Símbolo | U.M | Valor |
|----|---|---------|-----|---------|
| 1 | Tiempo principal | T1 | h | 109,003 |
| 2 | Tiempo efectivo | T021 | h | 130,282 |
| 3 | Tiempo auxiliar | T2 | h | 26,325 |
| 4 | Tiempo operativo | T02 | h | 135,328 |
| 5 | Tiempo de operaciones técnicas | T3 | h | 52,506 |
| 6 | Tiempo de mantenimiento técnico | T31 | h | 40,273 |
| 7 | Tiempo productivo | T04 | h | 249,576 |
| 8 | Tiempo de fallos | T4 | h | 61,742 |
| 9 | Tiempo de fallos tecnológicos | T41 | h | 4,032 |
| 10 | Tiempo de fallos técnicos | T42 | h | 26,128 |
| 11 | Tiempo de búsqueda y solución de los fallos | T43 | h | 31,582 |

| | | | | |
|----|--|-----|---|---------|
| 12 | Tiempo de necesidades personales | T5 | h | 6,161 |
| 13 | Tiempo de traslados | T6 | h | 39,094 |
| 14 | Tiempo de traslado debido a los fallos | T61 | h | 2,254 |
| 15 | Tiempo de traslados (entre campos, novia, etc.) | T62 | h | 36,840 |
| 16 | Tiempo explotativo | T07 | h | 294,993 |
| 17 | Tiempo de turno sin fallos | TT | h | 233,251 |
| 18 | Tiempo de paradas por causas ajenas a la | T8 | h | 113,377 |
| 19 | Tiempo de paradas organizativas | T81 | h | 79,518 |
| 20 | Tiempo de paradas por causas meteorológicas | T82 | h | 10,531 |
| 21 | Tiempo de paradas por otras interrupciones | T83 | h | 0,476 |
| 22 | Tiempo de paradas por malas condiciones agrotécnicas | T84 | h | 1,387 |
| 23 | Tiempo de paradas debido a otras causas | T85 | h | 21,465 |
| 24 | Duración de la jornada | TG | h | 408,33 |
| 25 | Tiempo perdido imputable a la máquina | TI | h | 63,996 |
| 26 | Tiempo perdido no imputable a la máquina | TNI | h | 209,006 |

En el análisis de los tiempos empleados por la cosechadora de caña de azúcar CCA-5000 durante su explotación, se puede observar que el tiempo limpio de trabajo (T_1) representó el 26,694%, valor bajo para este tipo de tecnología, en lo que influyen las deficientes condiciones para las labores de mecanización que poseen las áreas a cosechar, los bajos rendimientos de los campos y la escasez de medios de transporte entre otros.

El tiempo auxiliar (T_2) representó el 6,446% valor bastante bajo, este pudo ser menor teniendo en cuenta que los campos a cortar no eran de forma rectangular y contaban con pequeñas carreras a los lados lo que provocó que la máquina tuviera que realizar más virajes y las guardarrayas o caminos destinados para el viraje de la máquina no se encontraban en óptimas condiciones.

El tiempo de realización de operaciones técnicas (T_3) representó el 12,858%, en este valor inciden la falta de recursos en momentos para la preparación y acondicionamiento de la máquina para el trabajo, por ser única de su tipo en el país y no contar con las piezas de repuesto suficientes.

El tiempo de fallos (T_4) representó el 15,120%, en este valor inciden las deficientes condiciones agrotécnicas para la mecanización de las áreas, la inexperiencia de los operadores y la falta de recursos para solucionar los fallos técnicos. Dentro de las piezas con mayor presencia de fallas se encuentran los pasadores y apoyos del tercer tambor superior.

El tiempo de descanso y necesidades del personal de servicio de la máquina en prueba (T_5) representó el 1,508%.

El tiempo de traslado en vacío (T_6) representó el 9,574%, este resultado lo favorece la falta de recursos lo cual provoca que la máquina se trasladara al parqueo o al taller para eliminar los fallos, así como las malas condiciones de los campos que provocó el traslado entre los campos o en el lugar de la cosecha.

El tiempo de mantenimiento o reparación de los medios de transporte (T_7), representó el 0,039%.

El tiempo de paradas por causas ajenas a la máquina (T_8) fue mayor que el tiempo principal (T_1) ocupando el 27,766%, en lo cual inciden negativamente las paradas por causas organizativas. Los principales problemas presentados fueron la falta de combustible, lubricante, piezas de repuesto, de transporte y de tractor movedor.

El tiempo de paradas por causas meteorológicas fue uno de los problemas presentes, debido a las intensas lluvias que afectaron las condiciones para la mecanización. Además de las malas condiciones agrotécnicas en el interior de los campos que ocasionaron atoros y roturas que interrumpieron el corte.

El tiempo perdido no imputable a la máquina (T_{ni}) fue el mayor, representó más de la mitad de la jornada laboral con un 51%, producto a los altos tiempos de operaciones técnicas, tiempos de traslados, interrupciones y otras causas ajenas a la máquina y a la falta de organización y tecnología para solucionar los problemas que surgieron durante las pruebas.

Obtención de los índices de calidad en la Evaluación Tecnológico-Explotativa. (CEDEMA, Informes técnicos de la cosechadora de caña CCA-5000, 2014)

Para el cálculo de los indicadores de calidad tecnológico-explotativos y los coeficientes de explotación se recogió toda la información capturada a través de las cronocartas, obteniéndose los resultados que se muestran a continuación.

Tabla 2. Rendimientos horarios y coeficientes de explotación

| Denominación | Símbolo | U.M. | Valor |
|---|-----------|------|--------|
| Rendimiento por hora de tiempo limpio | W_{01} | t/h | 34,134 |
| Rendimiento por hora de tiempo efectivo | W_{021} | t/h | 28,559 |
| Rendimiento por hora de tiempo operativo | W_{02} | t/h | 27,494 |
| Rendimiento por hora de tiempo productivo | W_{04} | t/h | 14,908 |
| Rendimiento por hora de tiempo turno sin fallos | W_t | t/h | 15,951 |

| | | | |
|---|----------|-----|--------|
| Rendimiento por hora de tiempo de explotación | W_{07} | t/h | 12,613 |
| En la jornada | W_g | t/h | 9,112 |
| Coeficiente de pases de trabajo | K_{21} | - | 0,836 |
| Coeficiente de traslados | K_{22} | - | 0,988 |
| Coeficiente de servicio tecnológico | K_{23} | - | 0,966 |
| Coeficiente de mantenimiento técnico | K_{31} | - | 0,730 |
| Coeficiente de seguridad tecnológica | K_{41} | - | 0,964 |
| Coeficiente de seguridad técnica | K_{42} | - | 0,806 |
| Coeficiente de utilización del tiempo productivo | K_{04} | - | 0,436 |
| Coeficiente de utilización del tiempo explotativo | K_{07} | - | 0,369 |

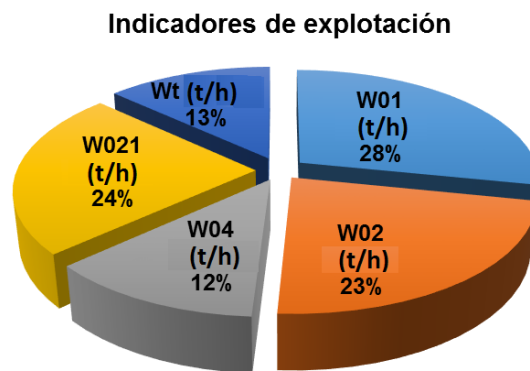


Figura 1. Indicadores de explotación de las cosechadoras de caña de azúcar CCA-5000.

En la figura 1 y en la tabla 2, se reflejan los valores de los índices Técnico-Explotativos determinados. En el análisis de los indicadores de productividad es significativa la productividad por hora de tiempo limpio W_{01} con valor de 34,134 t/h influyendo en este resultado los valores de tiempo perdido por causas ajenas a las máquinas, tales como tiempo de traslado entre campos o al parqueo con un 17,626%, el tiempo de operaciones técnicas ocupó el 25,121%, la falta de organización, causas meteorológicas, malas condiciones agrotécnicas y otras causas representaron el 54,245%. En el indicador de productividad por hora de tiempo operativo W_{02} con valor de 27,494 t/h, producto al tiempo invertido en los virajes al final de las carreras, el tiempo de traslado en vacío y el tiempo de regulaciones tecnológicas durante la cosecha los cuales pudieron ser menor.

El indicador de productividad por horas de tiempo productivo W_{04} fue de 14,908 t/h, incidiendo en este resultado el tiempo invertido en las operaciones técnicas, el mantenimiento técnico planificado, tiempo de regulación de los medios de trabajo, tiempo de eliminación de los fallos tecnológicos, tiempos de eliminación de fallos técnicos y el tiempo

empleado en buscar, hallar y solucionar los fallos.

La productividad por hora de tiempo efectivo W_{021} fue de 28,559 t/h, influyendo el tiempo de viraje al final de la carrera.

La productividad por hora de tiempo de trabajo sin fallas W_t se comportó con valores 15,951 t/h, en este indicador inciden de forma negativa los tiempos invertidos en actividades improductivas durante la jornada laboral.

El coeficiente de seguridad tecnológica K_{41} fue de 0,964 por debajo de lo establecido en la tarea técnica de 0,98, producto al tiempo de eliminación de fallos tecnológicos $T_{41} = 4,032$ h y el coeficiente de seguridad técnica K_{42} fue de 0,806 por debajo de lo establecido en la tarea técnica de 0,95, en él influye el tiempo de eliminación de fallos técnicos $T_{42} = 26,128$ h.

CONCLUSIONES

En el trabajo se lograron determinar los coeficientes tecnológicos explotativos del primer prototipo de la cosechadora de caña CCA-5000. Es de gran importancia tener en cuenta que la máquina objeto de investigación no tuvo un período de asentamiento previo al ensayo lo cual influyó en los resultados obtenidos.

Se arriba a las siguientes conclusiones:

1. Las áreas asignadas no reunieron las condiciones idóneas para la investigación como se establece en el sistema integral de pruebas y se solicitó en el protocolo previo que se discutió con las entidades participantes en la organización de las pruebas.
2. Los indicadores tecnológicos explotativos determinados para la cosechadora están por debajo de las potencialidades de esta tecnología, cuyas principales causas son la falta de organización, las malas condiciones de los campos a cosechar y la falta de tecnología en los campos para solucionar los problemas que se puedan presentar durante el trabajo.
3. Los tiempos dedicados al mantenimiento técnico y la solución de las fallas se encuentran en un 48% del tiempo total, por lo que están por encima de los valores que caracterizan estas cosechadoras, en lo que incide el desconocimiento y la no adaptación de los operadores a la nueva tecnología, la falta de instrumentos de diagnóstico de fallas, de adiestramiento del personal de servicios técnicos y de piezas de repuesto en el módulo del pelotón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Sánchez, V. (2014). Optimización de la producción, cosecha y transporte de la caña de azúcar. Holguín.
- CEDEMA. (2014). *Informes técnicos de la cosechadora de caña CCA-5000*. Holguín.
- CEDEMA. (2014). *Programa de pruebas al prototipo de cosechadora CCA-5000*. Holguín.
- Colás Romero, V. (2012). *Evaluación tecnológica explotativa del prototipo de cosechadora cañera KTP-4000*. Universidad de Holguín.
- Daquinta Gradaille, L. A. (2014). *Indicadores técnicos y de explotación de las cosechadoras de caña de azúcar CASE-IH 7000 y 8000 en la provincia de Ciego de Ávila*. Ciego de Ávila.
- De las Cuevas Milán, H. R. (2014). Evaluación tecnológica y de explotación de la combinada de caña CAMECO *Ingeniería Agrícola*. 4(4).
- García Cuba, Y. (2011). *Valoración tecnológico explotativa de las máquinas combinadas cosechadoras de caña de azúcar utilizadas en Cuba*. Holguín.
- Matos Ramírez, N. (2010). Evaluación técnica y de explotación de las cosechadoras de caña Case-7 000. *Revista de Ciencia y Técnica Agrícola* 19(4).
- Pérez Torres, Y. (2013). *Proyecto para establecer una estación de ensayos experimentales para Máquinas Agrícolas*. Universidad de Holguín. Holguín.
- Pino, J. (2009). *Sistema integral de pruebas para cosechadoras de caña de azúcar*. Ed. Universidad de Holguín. Holguín.

Síntesis curricular de los Autores

¹ **M. Sc. Ing. Julio Sanfort-Navarro** sanfort@uho.edu.cu Realizó sus estudios superiores en la Universidad de Holguín, donde obtuvo el título de Ingeniero Mecánico. Master en Ingeniería de Máquinas Agrícolas desde 1997. Pertenece al Departamento de Mecánica Aplicada de la Facultad de Ingeniería. Ha sido tutor de diversos Trabajos de Diploma. Desarrolla investigaciones relacionadas con las máquinas agrícolas y el uso y desarrollo de laboratorios virtuales aplicados a la ingeniería. Ha participado en varios eventos de su línea de investigación y realizado múltiples publicaciones.

¹ **M. Sc. Ing. José Alejandro Martínez-Grave de Peralta** jose@uho.edu.cu, Graduado de Ingeniero Mecánico y Master en Máquinas Agrícolas en la Universidad de Holguín. Posee la categoría docente de Profesor Auxiliar. Profesor del departamento de Mecánica Aplicada de la Facultad de Ingeniería. Imparte las asignaturas de Resistencia de Materiales, Tecnología Mecánica, Diseño Mecánico, AutoCAD y Modelado de sólidos con el paquete SolidWorks. Ha desarrollado múltiples investigaciones en el campo del estudio, explotación y diseño de máquinas. Ha participado de varios eventos en este campo de investigación.

¹ **Ing. Ramón Tamayo-Batista** rtamayo@uho.edu.cu Graduado de Ingeniero Mecánico. Posee la categoría docente de Profesor instructor. Profesor del departamento de Mecánica Aplicada de la Facultad de Ingeniería. Imparte las asignaturas de Informática I. Ha desarrollado múltiples investigaciones en el campo del estudio, explotación y diseño de máquinas. Ha participado de varios eventos en este campo de investigación, ha participado en pruebas de campo de máquinas, implementos agrícolas y otros equipos.

¹ **Dr.C. Ing. Julian Remberto Sánchez-Alonso** julianrsa@uho.edu.cu Graduado de Ingeniero Mecánico en Construcción de Automóviles y Tractores en el Instituto de Construcción de Maquinaria, Minsk, Bielorrusia en 1979. Obtuvo el grado de Doctor en Ciencias Técnicas en Rostov del Don, Rusia en 1986. Profesor en el departamento de Mecánica Aplicada donde ostenta la categoría de Profesor Titular desde 1988 Ha impartido varios cursos de postgrados, tutorado trabajos de diploma de Maestría y Doctorados, todos relacionados con la maquinaria agrícola. Ha participado en múltiples trabajos de investigación en temáticas como el Diseño, Sistemas de Evaluación y Explotación de la Maquinaria Agrícola.

Institución de los autores

¹ Universidad de Holguín. Holguín. Cuba.

Fecha de Recepción: 12 de mayo 2018

Fecha de Aprobación: 22 de octubre 2018

Fecha de Publicación: 30 de enero de 2019