

MECANIZACIÓN AGRÍCOLA

ARTÍCULO ORIGINAL

Análisis de la disponibilidad técnica de la cosechadora CaseAustoft 7000 en el Estado Trujillo, Venezuela

Analysis of the technical availability of the harvester CaseAustoft 7000 in the Trujillo State, Venezuela

Ing. Felipe Uttaro Nardone^I, Dr. C. Alexander Miranda Caballero^{II}, M.Sc. Yanoy Morejón Mesa^{III}

^IInstituto Universitario de Tecnología del Estado de Trujillo (IUTET), Venezuela.

^{II} Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba.

^{III} Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Cuba.

RESUMEN. En Venezuela, a través de los años, la agricultura ha llegado a depender cada vez más de la maquinaria agrícola para sostener su producción, y donde sus gastos generalmente constituyen el mayor renglón en los costos de producción de una empresa agropecuaria. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la disponibilidad de las combinadas CASE AUSTOFT 7000 durante la realización de la cosecha de caña de azúcar en la zona del Cenizo, asociada al Complejo Agroindustrial “Dr. Antonio Nicolás Briceño”, en el Estado Trujillo, así como sus índices técnicos y de explotación. El trabajo se centra en un estudio de la disponibilidad técnica de la máquina y su incidencia en los rendimientos productivos del núcleo de corte mecanizado en dicha entidad, los principales resultados permitieron determinar que existe un bajo aprovechamiento de las potencialidades productivas de la combinada analizada, las que se deben principalmente a causa de retrasos administrativos y problemas organizativos existentes.

Palabras clave: Explotación, cosechadora de caña de azúcar, coeficiente de disponibilidad.

ABSTRACT. This study aimed to analyze the availability of CASE Austoft 7000 combines during the sugar cane harvest in the area of Cenizo, associated to the Agroindustrial Complex “Dr. Antonio Nicolás Briceño”, in State of Trujillo. The paper focuses on a study of the technical readiness of the machine and its impact in the productive yields of the mechanized areas in this entity. The main results allowed determining a low use of the productive potentialities of the analyzed combine, those that are owed mainly because of administrative delays and organizational problems.

Keywords: Operation, sugar cane harvester, coefficient of availability.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo de elevada relevancia a nivel mundial, de sus tallos se extrae la sacarosa que es uno de los principales suplidores energéticos en la alimentación humana y altos índices de consumo; Humbert (1976)¹ y Gómez (1983)², señalan que el origen de la caña de azúcar se ubica en Asia, más exactamente en países como la India, Malasia y China. La caña es llevada posteriormente a otros países, tropicales y subtropicales, por colonizadores y comerciantes. Con el auge de la tecnología de máquinas, hasta nuestros días, cuando el incremento del volumen de producción

obliga a aumentar las velocidades de las operaciones, surgen las máquinas agrícolas abriendo un amplio campo para el desarrollo de cada función: labranza, siembra, cosecha, carga y transporte de productos.

La mayoría de los productores de caña de azúcar en Venezuela utilizan indistintamente diversos tipos y marcas de cosechadoras de caña, orientados principalmente por la información que brinda el fabricante, dirigida generalmente a la promoción de la marca de los equipos y por las experiencias propias y/o de terceros, cuya validez no se cuestiona, pero en

¹ HUMBERT, R.: El Cultivo de la Caña de Azúcar, Editorial Continental, Caracas Venezuela, 1976.

² GÓMEZ, F.: Caña de Azúcar, Edicanpa SRL, Caracas, Venezuela, 1983.

sentido general manejan escasa información técnica respecto al comportamiento de las mismas en la etapa de explotación (Matos, *et al.*, 2010; Zaldívar, 2000; Zaldívar, 2009)³.

Cuando se habla de disponibilidad, a primera vista parece que se tiene un punto de referencia para comparaciones bien definida, sin embargo, este índice que tiene tan buena aceptación y es universal, tiende a confundir, ya que existen diferentes determinaciones de su concepto y variadísimas formas de su cálculo. Para confirmar esta idea a continuación se relacionan algunas definiciones de la disponibilidad.

Autores como, Pinto (2006)⁴; Torres (2005); Sexto (2010); Knezevich (1996); Amendola (2008)⁵; Ramakumar (1998); Shkiliova (2006); Daquinta (2005⁶, 2008 y 2014); Langton (2004); Loreto (2006)⁷; Suárez (2006); Miranda (2006)⁸; Max *et al.* (2012), coinciden (en cuanto a su concepto), en plantear que la disponibilidad es la probabilidad de que el equipo trabaje favorablemente en el tiempo que sea propuesto después del comienzo de su operación, cuando sea bajo sus condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), el tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico, aunque no en la forma en que se calcula.

Es recomendable obtener el valor de este indicador mensualmente, y con estos datos graficar la tendencia mes por mes, para determinar si es creciente, decreciente o estable. Lo importante de la disponibilidad es lograr una disponibilidad necesaria o mayor que ésta para no afectar el período de producción (cosecha). En la actualidad para las combinadas CASE AUSTOFT 7000 trabajan en las condiciones de cosecha de caña en la zona del Cenizo, asociada al Complejo Agroindustrial “Dr. Antonio Nicolás Briceño”, en el Estado Trujillo, se desconoce el valor de este coeficiente y la tendencia de su cambio.

MÉTODOS

Las investigaciones experimentales se realizaron durante la cosecha de caña de azúcar en la zona del Cenizo, asociada al Complejo Agroindustrial “Dr. Antonio Nicolás Briceño”, en el Estado Trujillo, República Bolivariana de Venezuela, durante el periodo abril-mayo del año 2014. La recogida de la información primaria sobre la disponibilidad de la combinada CASE AUSTOFT 7000, se realizaron en las condiciones de producción. Para determinar la disponibilidad de la combinada en el período de cosecha se recopiló la información primaria sobre el funcionamiento de las mismas. Para el desarrollo del trabajo de investigación se consultaron las principales metodologías

dirigidas a la evaluación de máquinas y/o equipos agrícolas, siendo utilizadas las siguientes:

- Norma ISO 8210 (1989): Equipment for harvesting-Combine harvesters Test procedure (Norma ISO, 1989).
- Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Principios y Prácticas de Prueba y Evaluación de Máquinas y Equipos Agrícolas (Daquinta, 2008).
- Norma cubana: NC 34-37 (octubre 2003): “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” (NC 34-37, 2003).

Expresiones para el cálculo de la disponibilidad de las combinadas de caña

La forma más básica de definir la disponibilidad matemáticamente en la industria y en la agricultura es la siguiente:

$$Disponibilidad = \frac{T_o}{T_o + T_r} \quad (1)$$

donde:

T_o - tiempo total (trabajo útil) de operación en condiciones de diseño;

T_r - tiempo total de parada por problemas técnicos.

Barringer (1997), realiza la clasificación de disponibilidad en tres tipos, utilizando las siguientes ecuaciones para su cálculo:

1. **Disponibilidad Inherente (Ai):** excluye las paradas por mantenimientos preventivos, demoras en suministros, y demoras administrativas, y es definida como:

$$Ai = \frac{Mtbf}{Mtbf + Mttr} \quad (2)$$

2. **Disponibilidad Lograda (Aa):** incluye tanto el mantenimiento correctivo como el preventivo, pero no incluye demoras en suministros y demoras administrativas, y es definida como:

$$Aa = \frac{Mtbm}{Mtbm + Mamt} \quad (3)$$

3. **Disponibilidad Operacional (Ao):** tal como es vista por el usuario, y es definida como:

$$Ao = \frac{Mtbm}{Mtbm + Mdt} \quad (4)$$

³ ZALDÍVAR, S. M. C y G. IANI: Evaluación de las combinadas cosechadoras de caña de azúcar para las condiciones de explotación de Venezuela. Ed. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora UNELLEZ, Venezuela, 2009.

⁴ PINTO, A.: Contratacao por Disponibilidade, 12º Congresso Brasileiro de Manutencao, Sao Paulo, Brasil, 2006.

⁵ AMENDOLA, L.: Indicadores de confiabilidad Propulsores en la gestión del Mantenimiento, Proyectos de ingeniería, Universidad Politécnica, Valencia, España, 2008.

⁶ DAQUINTA, A.: Mantenimiento y Reparación de la Maquinaria Agrícola, 634pp., Universidad Autónoma Chapingo, México, 2005.

⁷ LORETO, D. P. A.; F. RODRÍGUEZ: Análisis del comportamiento de la fiabilidad de las combinadas KTP-2M en la cosecha de Saccharum Officinarum (Caña de Azúcar) y las pérdidas que ocasionan, Ed. Universidad de Pinar de Rio, Cuba, (monografía), 2006.

⁸ MIRANDA, A.: Estudio de la productividad de las cosechadoras New Holland L520 en función de la utilización del tiempo de turno en las condiciones del CAI arrocero “Los Palacios”, 100pp., Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias), Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 2006.

donde:

- Mtbf*- tiempo medio de buen funcionamiento;
- Mtbtm*- tiempo medio entre acciones correctivas y preventivas;
- Mamt*- tiempo medio en que mantenimiento estuvo activo;
- Mdt*- tiempo medio de parada;
- Mttr*- tiempo medio de mantenimiento y reparación.

Mora (2008) basándose en el estudio de otros autores, plantea que existen cinco tipos de disponibilidad, que se determinan en forma diferente:

Disponibilidad Genérica (A_G): Se usa cuando se tienen los tiempos totales de funcionamiento y de no disponibilidad, en este caso no se poseen los tiempos exactos de demoras logísticas, suministros y retrasos y otros.

Disponibilidad Inherente (A_I): Es la probabilidad de que el sistema funcione correctamente cuando sea propuesto en cualquier tiempo bajo las situaciones de trabajo especificadas y de un entorno excelente de soporte logístico, con la disponibilidad adecuada de personal, repuestos, herramientas, equipos de prueba y demás, sin considerar ninguna demora logística o administrativa. La disponibilidad inherente está basada únicamente en la distribución de fallos y la distribución de tiempo

de reparación, este tipo de disponibilidad no contempla los mantenimientos planeados.

La disponibilidad inherente está basada únicamente en la distribución de fallos y la distribución de tiempo de reparación, este tipo de disponibilidad no contempla los mantenimientos planeados (Blanchard, 1994).

Disponibilidad Alcanzada (A_A): Es la probabilidad de que el sistema opere satisfactoriamente, cuando sea requerido en cualquier tiempo bajo las condiciones de operación específicas y un entorno ideal de soporte logístico, sin considerar retraso logístico o administrativo pero involucrando en sus cálculos los tiempos imputables a las actividades planeadas de mantenimiento.

Disponibilidad Operacional (A_O): Es la probabilidad de que el sistema opere satisfactoriamente, cuando se requiere que funcione bien en cualquier tiempo bajo las condiciones de operación especificadas en un entorno real de soportes logísticos, abarcando por lo tanto dentro de los tiempos de mantenimientos, los tiempos causados por los retrasos logísticos y administrativos, es decir todos los tiempos concernientes al estado de reparación, incluyendo el mantenimiento programado y no programado (Aven, 1999), (Tabla 1).

TABLA 1. Factores que influyen en la funcionabilidad de los equipos y las disponibilidades que los consideran

	Tiempo de parada por cualquier causa	Fallos que implican reparación correctiva	MT planeados, Preventivos o Predictivos	Tiempos administrativos	Retrasos logísticos de insumos, repuestos o recursos humano	Tiempos logísticos, iguales a ADT+LDT'	Tiempo en que el equipo está disponible pero no produce
Términos	DT	TTR	PM	ADT	LDT'	LDT	RT
Genérica A_G	X						
Inherente A_I		X					
Alcanzada A_A		X	X				
Operacional A_O		X	X	X	X	X	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de los elementos del tiempo de la jornada laboral e índices técnicos y de explotación de la combinada de caña CASE AUSTOFT 7000

El comportamiento de los elementos de tiempo del turno de trabajo durante las observaciones realizadas totalizaron 27,85 h, procesados con el programa para calcular los tiempos de explotación "Evaluación Tecnológica Explotativa" (TECEXP) diseñado para la determinación de los índices tecnológicos-explotativos de las máquinas agropecuarias y forestales (de las Cuevas, 2007⁹ y 2008).

En el análisis de los tiempos empleados por la combinada CASE AUSTOFT 7000, se puede observar según muestra la Figura 1, que la utilización del tiempo limpio de trabajo representó el 62,0%, valor este bajo para este tipo de máquina, dado fundamentalmente a los deprimidos rendimientos agrícolas a los que se enfrentaron las máquinas los cuales no sobrepasaron las 40 t/ha como promedio, la deficiente asistencia técnica y la incidencia negativa de los tiempos por causas ajenas a la máquina, como las condiciones para las labores de mecanización que poseen las áreas a cosechar y la distancia de transporte hacia la industria.

En el análisis de los tiempos, el de paradas tecnológicas a la cosechadora ocupó un valor de 9,0%, incidiendo negativamente las roturas en la industria que demoran la recepción de la caña cosechada incidiendo esto el retorno de los medios de transporte,

⁹ DE LAS CUEVAS, H; RODRÍGUEZ, T; PANEQUE, P; HERRERA, M.: TECEXP, Evaluación Tecnológica, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), La Habana, Cuba, 2007.

la utilización de esquemas de trabajo inadecuados en el proceso de cosecha y giro en las cabeceras de los campos.

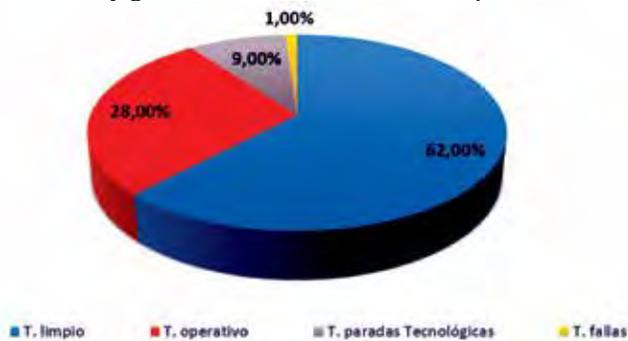


FIGURA 1. Representación porcentual de los tiempos empujados para las cosechadoras de caña CASE AUSTOFT 7000 en Estado de Trujillo, República de Venezuela.

El tiempo operativo representó 28,0%, incidiendo en este valor la falta de habilidades del personal encargado para ejecutar la conducción de la máquina, el mantenimiento técnico, el cual es superior a lo planteado por los fabricantes y se debe en lo fundamental a la deficiente organización del proceso de mantenimiento en núcleo de cosecha y las regulaciones de la máquina.

Las paradas por rotura de las maquinas (Tr) se comportó en 1%, lo que demuestra que las máquinas poseen un alto valor de fiabilidad.

Análisis de la productividad de la cosechadora CASE AUSTOFT 7000

La productividad por hora de tiempo principal de trabajo (W1) alcanzo valores que oscilaron entre 36,4 y 26,03 t/h, valor inferior al dado por el fabricante (80 t/h) debido a los bajos rendimientos agrícolas de los campos los cuales estuvieron entre 30,23 y 40,5 t/ha y las causas ajenas a las cosechadoras, (Figura 2).

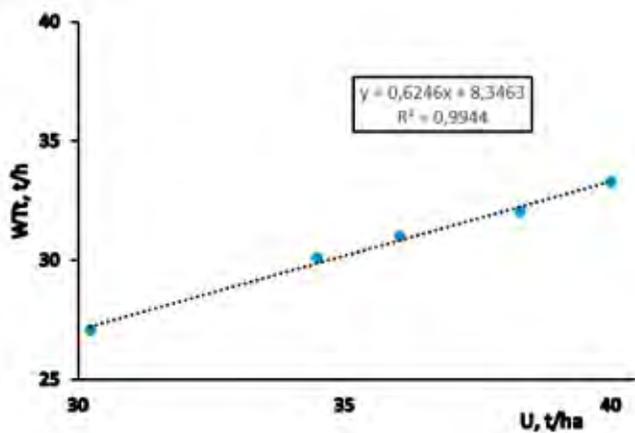


FIGURA 2. Productividad de la combinada CASE AUSTOFT 7000 en el tiempo principal (W1) en función de rendimiento agrícola (U).

Por los aspectos anteriormente expuestos, la productividad por hora de tiempo explotativo (WExp) no sobrepaso las 22,30 t/h para la combinada CASE AUSTOFT 7000 este valor es deficiente, debido a la incidencia negativa de los gastos de tiempo improductivos, (Figura 3).

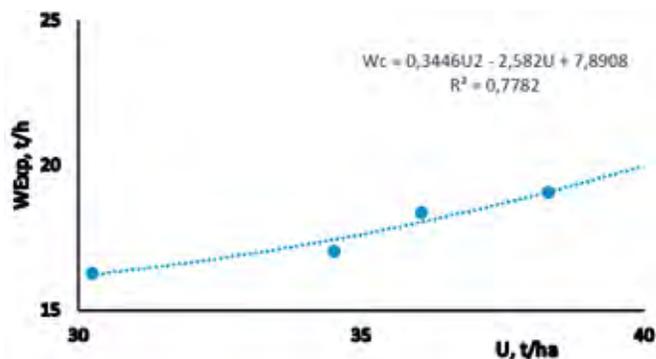


FIGURA 3. Productividad de la combinada CASE AUSTOFT 7000 cosechadoras de tiempo de explotación (WExp) en función del rendimiento agrícola (U).

Análisis del comportamiento de la disponibilidad de las combinada CASE AUSTOFT 7000 durante el período de explotación

El cálculo del coeficiente de disponibilidad técnica (Kd), disponibilidad inherente (Ai); disponibilidad lograda (Aa); disponibilidad operacional (Ao) y disponibilidad genérica (A_G), a partir del análisis de la información disponible en el del Complejo Agroindustrial “Dr. Antonio Nicolás Briceño”, en el Estado Trujillo se calculó teniendo en cuenta:

- Las condiciones de explotación real, abarcando los tiempos de paradas de búsqueda y eliminación de los fallos y los tiempos causados por los retrasos logísticos y administrativos, (Kdt);
- La determinación del coeficiente de disponibilidad técnica, permite analizar si existe o no la posibilidad de aumentar la disponibilidad de las máquinas en el proceso de cosecha de caña.
- El resultado de cálculo del coeficiente de disponibilidad en sus diferentes variantes para la combinada CASE AUSTOFT 7000: bajo las condiciones de explotación real, abarcando los tiempos de paradas de búsqueda y eliminación de los fallos y los tiempos causados por los retrasos logísticos y administrativos está asentado en la Tabla 2.

TABLA 2. Determinación del coeficiente de disponibilidad para la combinada CASE AUSTOFT 7000 en sus diferentes variantes durante el período de cosecha en los meses abril-mayo del 2014

Disponibilidad	Valor alcanzado
Disponibilidad técnica, (Kdt)	0,97
Disponibilidad inherente, (Ai)	0,92
Disponibilidad lograda, (Aa)	0,76
Disponibilidad operacional, (Ao)	0,85
Disponibilidad genérica, (A _G)	0,95

Como se puede observar, los valores del coeficiente de disponibilidad técnica, disponibilidad inherente y disponibilidad genérica durante el período de cosecha tomaron valores entre 0,97–0,92; lo que reafirma el alto nivel de fiabilidad logrado en el proceso de diseño y fabricación de la combinada CASE AUSTOFT 7000. Sin embargo para el caso de la disponibilidad lograda y operacional sus valores oscilaron entre 0,85–0,76, los que son bajos, influyendo en las mismas los retrasos ocasiona-

dos por las demoras en la realización de los mantenimientos, falta en algunos momentos de recursos (grasas, aceites) y la falta de conocimientos técnicos del personal encargado de la asistencia técnica.

CONCLUSIONES

- El estudio del estado actual del proceso de cosecha mecanizada de la caña de azúcar, llevado a cabo bajo las condiciones específicas del Complejo Agroindustrial “Dr. Antonio Nicolás Briceño”, en el Estado Trujillo y el análisis de los trabajos científicos analizados sobre el tema, permitieron determinar que existe un bajo aprovechamiento de las potencialidades productivas de la combinada CASE AUSTOFT

7000, lo que es provocado por la falta de organización del proceso de cosecha.

- Los valores del coeficiente de disponibilidad técnica, disponibilidad inherente y disponibilidad genérica alcanzado durante el período de cosecha por la combinada CASE AUSTOFT 7000 demuestran que éstas poseen un alto nivel de fiabilidad logrado en el proceso de diseño y fabricación.
- Los bajos valores de disponibilidad lograda y operacional obtenidos por la combinada CASE AUSTOFT 7000 en las condiciones de explotación del Complejo Agroindustrial “Dr. Antonio Nicolás Briceño”, en el Estado Trujillo, se deben principalmente a los retrasos administrativos y problemas organizativos existentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVEN, T.: “Availability Formula for Systems of Similar Units That Are Prevently Maintained”, In: *IEEE Transactions and Reliability*, Vol.39, No.5, December, USA, 1999.
- BLANCHARD, S.: *Maintenibility: a key to effective serviceability and maintenance management*, Edit. Wiley Interscience, Series Nuevas dimensiones en Ingeniería, December, ISBN: 0486438678, USA, 1994.
- DAQUINTA, L., Domínguez, J., Pérez, C. y Fernández, M. “Indicadores técnicos y de explotación de las cosechadoras de caña de azúcar CASE-IH 7000 y 8000 en la provincia de Ciego de Ávila” *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2326-1545, Vol. 4, No. 3 (julio-agosto-septiembre), pp. 3-8, 2014.
- DE LAS CUEVAS, H; T. RODRÍGUEZ; M. HERRERA y P. PANEQUE: “Software para la evaluación tecnológica de las máquinas agrícolas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN 1010-2760, 17 (2): 24–28, 2008.
- FAO: Principios y Prácticas de Prueba y Evaluación de Máquinas y Equipos Agrícolas, Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO, series No. 1 y 2. FAO, Rome, 1984.
- KNEZEVICH, J.: *Mantenibilidad*, Editorial TSDEFE, ISBN: 84-89338-08-6, Madrid, España, 1996.
- LANGTON, M.I.: *Methods and techniques of sugarcane harvesting*, Ed. University of KwaZulu-Natal. Pietermaritzburg, South Africa, 2004.
- MATOS, R. N.; E. GARCÍA y J. GONZÁLEZ: “Evaluación técnica y de explotación de las cosechadoras de caña CASE-7000”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.*, ISSN 1010-2760, 19 (4): 6-9, 2010.
- MAX, G. J.; R. PÉREZ y J.N. PÉREZ: “Evaluación del corte basal de la cosechadora C-4000 con cuchillas de tres filos” *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN 1010-2760, 21 (1): 26-30, 2012.
- NC 34-37:87: *Máquinas Agropecuarias y Forestales. Metodología para la evaluación tecnológica explotativa, 2da Edición*, Vig. febrero 2003.
- NORMA ISO 8210: 1989: *Equipment for harvesting Combine harvesters Test procedure*. Vig. 1989.
- RAMAKUMAR, R.: *Engineering Relibility, Fundamentals and Applications*, Editorial Prentice, Hall Professional Technical, December, ISBN: 0132767597, New Jersey, USA, 1998.
- SUÁREZ, P., RODRÍGUEZ, Y. Y KIRENIA MÁRQUEZ: “Determinación y análisis de los principales índices de explotación de las cosechadoras de caña CAMECO”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN 1010-2760, 15 (4): 23-27, 2006.
- TORRES, L. D.: *Mantenimiento. Su implementación y gestión*. Libro en edición magnética. ISBN: 987-9406-81-8, Segunda Edición, Universitاس. Impreso en Argentina, 2005.
- ZALDÍVAR, S. M. C.: *El diagnóstico técnico y su pertenencia en la teoría de la fiabilidad en las máquinas cosechadoras de caña KTP*, [en línea] 2000, Disponible en: <http://www.redmeso.net> [Consulta: 10 de Febrero 2012].

Recibido: 05/07/2014.

Aprobado: 08/01/2015.

Publicado: 15/02/2015.

Felipe Uttaro Nardone, Profesor, maestrante, Instituto Universitario de Tecnología del Estado de Trujillo (IUTET), Venezuela, Correo electrónico: felima-ry71@gmail.com

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.