



Operation Indicators in Milk Collection Trucks in Jimaguayu, Sibanicu and Vertientes

Indicadores de explotación en el acopio de leche por camiones en Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes

M.Sc. Dusquier Elizalde-Rodríguez^I, Dr. C. Pedro A. Valdés-Hernández^{II}; Dr. C. Neeldes Matos-Ramírez^I;
M.Sc. Dalmis Delgado-González^{III}.

^I Universidad de Camagüey, Facultad de Electromecánica, Departamento de Ingeniería Mecánica, Camagüey, Cuba;

^{II} Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería, Cuba;

^{III} BANDEC, Sibanicú, Camagüey, Cuba.

ABSTRACT. The research carried out is part of the project: Rational Organization of Milk Collection Process and Distribution by Means of Automotive Transport in Camagüey Province. Its objective is to evaluate operation indicators in the process of bovine milk collection with the use of means of transport in Agricultural Companies of Sibanicú, Jimaguayú and Vertientes of Camagüey Province in Cuba. The operation indicators are determined, taking into account the time balance with the use of the workday photo - timing method, the coefficients of utilization of static load capacity of trucks, travel and time, productivity, yield and fuel consumption, as well as economic indicators. The results obtained show the work efficiency limitation of means of transport due to the low coefficient of utilization of static load capacity in milk collection, with values between 0.2134 and 0.4555 (21.34 and 45.55 %) in the municipalities studied. That is due to the low availability of milk at the collection points and the inadequate organizational management of the car fleet capacity. Likewise, this coefficient influences the productivity of the trucks, that transport between 93, 88 and 2 004,28 L, which is below their design capacity. In fuel consumption, values between 2.97 and 4.30 km/L are obtained, which means that there is an over consumption of 0.2 and 1.53 km/L compared to those recommended by the manufacturer (4,5 and 5 km/L), due to the deterioration of roads and the distances traveled. Also, the cost of the ton-kilometer is 0.049 and 0.07 pesos/t-km and the cost of each ton of milk transported is between 33.65 and 64 pesos/t, according to the calculated distances.

Keywords: coefficients, fuel consumption, transportation cost.

RESUMEN. El presente trabajo se realizó en las Empresas Agropecuarias de Sibanicú, Jimaguayú y Vertientes de la provincia Camagüey de Cuba. Se plantea como objetivo evaluar los indicadores de explotación en el proceso de acopio de leche vacuna con el uso de medios de transporte automotriz. Se determinan los indicadores de explotación, contemplando el balance de tiempo, los coeficientes de aprovechamiento de capacidad de carga estática de los camiones, recorrido y tiempo, productividad, rendimiento y consumo de combustible, así como, los costos de operación en la transportación. Los resultados obtenidos muestran los factores técnico – organizativos que limitan la eficiencia del trabajo de los medios de transporte, debido al bajo coeficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga estática en el acopio de leche, con valores entre 0,2134 y 0,4555 (21,34 y 45,55%) en los municipios estudiados; esto se debe a la baja disponibilidad de leche en los puntos de recogida y al inadecuado manejo organizativo de las capacidades del parque automotor. Asimismo dicho coeficiente influye en la productividad de los camiones, que transportan entre 93, 88 y 2 004,28 L, lo que está por debajo de su capacidad de diseño. En el consumo de combustible, se obtienen valores entre 2,97 – 4,30 km/L, por lo que existe un sobreconsumo de 0,2 y 1,53 km/L comparados con los recomendados por el fabricante (4,5 y 5 km/L), debido al deterioro de las condiciones de los caminos y las distancias recorridas. Además el costo de la tonelada – kilómetro es 0,049 y 0,07 pesos/t-km y el costo de cada tonelada de leche transportada entre 33,65 y 64 pesos/t, de acuerdo con las distancias calculadas.

Palabras clave: coeficientes, consumo de combustible, costo de transportación.

INTRODUCTION

World production of cow milk in 2014 was 735 100 000 tons, even though all the countries recognized by the ONU on

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de leche de vaca en el año 2014 fue de 735 100 000 de toneladas, aun cuando la totalidad de países

the planet produce it, the top ten producers represent 50.57% of the total production, contributing a little more than 337.93 million tons. Currently, India is the largest producer of bovine milk in the world, which accounts for 17.88% of world production, delivering more than 130 000 000 tons in 2014, according to USDA, (2015)¹.

In Cuba, there are 16 provinces producing bovine milk, among them Camagüey, which is the main Cuban cattle province. The national production in 2014 was 497 100 000 million liters of bovine milk, the five major producing provinces contribute 54.69% of the national production, delivering 252 000 000 liters. Camagüey is the one with the highest production of livestock in Cuba, delivering 90 200 000 liters for 18.15% of the total (ONEI, 2015). This has led to the introduction of technologies for the transportation and collection of milk, which require an analysis of the operation indicators to contribute to the improvement of the organization and efficiency of the transportation process, in which there have been international works, but less nationwide.

At international level, several investigations have been carried out by Kalra & Singh (1988), Butler *et al.* (2005), Dooley *et al.* (2005) and Gyulai *et al.* (2013) the trucks and tankers taken together were travelling about 1014 km per day in the existing milk pick-up system. The efficient routes formulated reduced the daily travel distance to 954 km, a saving through rationalised routes of about 6% (60 km per day, guided at planning of routes in the milk collection process, in order to minimize the costs of the process. They determine how to transport all the milk available with the least number of trucks and traveling the shortest distance.

In Cuba, there are studies related to the evaluation of operation parameters in different agricultural groups, which allow an increase in the organizational efficiency of the technological process of agricultural activities Miranda *et al.* (2002, 2013) y Morejón *et al.* (2012). They evaluate the performance indicators of New Holland L-520, CLAAS DOMINATOR rice croppers and of the means of transportation used in the crop-transport process of rice in the Agroindustry Complex "Los Palacios", respectively. Matos *et al.* (2010), Matos y García (2012) and de las Cuevas *et al.* (2014) carry out similar studies, but for Case-7000 and CAMECO sugar cane harvesters and for the trucks in sugar cane transportation, respectively. In addition, Ortiz *et al.* (2011) and Olivet *et al.* (2012) perform the technological and operation evaluation for sets of machines in the work of soil breaking up and furrowing for the cultivation of sweet potato, respectively.

In the aforementioned investigations, there are not studies aimed at evaluating the indicators for the operation of bovine milk collection process with motor transport. Consequently, this research is conducted with the objective of evaluating operating indicators in the process of bovine milk collection using automotive means of transportation

reconocidos por la ONU en el planeta producen leche de ganado vacuno, los diez principales productores representan el 50,57% de la producción aportando un poco más de 337,93 millones de toneladas. En la actualidad, la India es el mayor productor de leche vacuna en el mundo y contribuye con el 17,88% de la producción mundial, entregando más de 130 millones de toneladas en el 2014, según USDA, (2015)¹.

La producción nacional en el año 2014 fue de 497 100 000 de litros de leche vacuna, las cinco provincias mayores productoras aportan el 54,69% de la producción nacional, entregando 252 000 000 de litros, siendo Camagüey la de mayor producción de la ganadería en Cuba, entregando 90 200 000 de litros para un 18,15% del total (ONEI, 2015). Esto ha conllevado a la introducción de tecnologías para la transportación y acopio de la leche las cuales requieren de un análisis de los indicadores de explotación para contribuir en la mejora de la organización y eficiencia del proceso de transportación, en lo que se ha trabajado internacionalmente, pero en menor medida a nivel nacional.

En el ámbito internacional se han realizado varias investigaciones según Kalra y Singh (1988), Butler *et al.* (2005), Dooley *et al.* (2005) y Gyulai *et al.* (2013) the trucks and tankers taken together were travelling about 1014 km per day in the existing milk pick-up system. The efficient routes formulated reduced the daily travel distance to 954 km, a saving through rationalised routes of about 6% (60 km per day, encaminadas a la planificación de rutas en el proceso de recolección de leche, con el objetivo de minimizar los costos del proceso determinan como transportar toda la leche disponible con el menor número de camiones y a vez recorriendo la distancia más corta.

En Cuba se puede mencionar estudios realizados por varios autores, relacionados con la evaluación de los parámetros de explotación en los diferentes conjuntos agrícolas, que permiten realizar un incremento en la eficiencia organizativa del proceso tecnológico de las actividades agrícolas, tales como Miranda *et al.* (2002, 2013) y Morejón *et al.* (2012), que evalúan los indicadores de explotación de las cosechadoras de arroz New Holland L-520, CLAAS DOMINATOR y de los medios de transporte utilizados en el proceso cosecha-transporte del arroz en el Complejo Agroindustrial "Los Palacios" respectivamente. Asimismo Matos *et al.* (2010), Matos y García (2012) y de las Cuevas *et al.* (2014), realizan estudios similares pero para las cosechadoras de caña Case -7000, CAMECO y para los camiones en la transportación de la caña respectivamente. Además, Ortiz *et al.* (2011) y Olivet *et al.* (2012), realizan la evaluación tecnológica y de explotación para conjuntos de máquinas en la labor de rotura y surcado para el cultivo del boniato respectivamente.

En las investigaciones anteriormente mencionadas no se reflejan trabajos dirigidos a la evaluación de los indicadores de explotación del proceso de acopio de leche vacuna con transporte automotor; por lo que se desarrolla la presente investigación, con el objetivo de evaluar los indicadores de explotación en el proceso de acopio de leche vacuna con el uso de medios

USDA. United States Department of Agriculture: Boletín de leche 2015. 5pp, enero – marzo, 2015.

in Sibanicú Jimaguayú and Vertientes agribusinesses companies. It is part of the research project entitled: *Rational Organization of Bovine Milk Collection and Distribution Process by Means of Automotive Transportation in the Province of Camagüey.*

METHODS

Experimental investigations were conducted during automotive transportation of milk collection in production units of the Ministry of Agriculture, located in the municipalities of Sibanicú, Jimaguayú and Vertientes, Camagüey Province, from January 2011 to December 2013. The fieldwork and characterization of the experimental area was performed under milk collection conditions. It presents 32 dairy routes each with one truck and 16 of them were evaluated, representing 50% of the total. The trucks evaluated are shown in Figure 1. They are ZIL 130 and ZIL 131 models of more than 25 years of operation, remodeled with Chinese motors Yuchai brand and having a capacity in the collection tank between 3 800 and 4 200 L, respectively.



FIGURE 1. Trucks Evaluated. Models a) ZIL 130 and b) ZIL 131.
 FIGURA 1. Camiones evaluados modelo a) ZIL 130 y b) ZIL 131.

The structure of the working day in the automobile transport is defined by the methodological program for the study of transport organization and labor regulations in milk transportation to the reception center. Those regulations are adequate to the conditions of operation and characterization of the process object of study. Different operating times according to NC 34-37: 03, adapted to the conditions of the process under study, are determined, such as:

$$T_{TO} = T_{PC} + T_P + T_A + T_S + T_{DNP} + T_{IA} + T_I \quad (1)$$

Where:

T_{TO} - Total observation time: it includes the time of the working day plus the time of the driver, as well as the time used to have some food, h;

T_{PC} - Conclusive preparatory time: it is the time used to receive the task to be fulfilled, besides the time to prepare the equipment for the work, as well as those ones of

de transporte automotriz en las Empresas Agropecuarias de Sibanicú, Jimaguayú y Vertientes; como parte del proyecto de investigación titulado: *Organización racional del proceso de acopio y distribución de leche vacuna por medios de transporte automotor en la provincia de Camagüey.*

MÉTODOS

Las investigaciones experimentales se realizaron durante el proceso de transporte automotor para el acopio de leche en las unidades de producción del Ministerio de la Agricultura, ubicadas en los municipios de Sibanicú, Jimaguayú y Vertientes, provincia de Camagüey, durante los años de producción enero 2011 hasta diciembre 2013. El trabajo de campo y la caracterización de la zona experimental se realizó en las condiciones de acopio de leche; la misma presenta 32 rutas lecheras cada una con un camión, de ellas fueron evaluadas 16, representando el 50% del total. En la Figura 1 se representan los camiones evaluados del modelo ZIL 130 y ZIL 131 remotorizados con motores chinos marca Yuchai, con una capacidad en el tanque de recolección entre 3 800 y 4 200 L respectivamente, con más de 25 años de explotación.

La estructura de la jornada laboral en el transporte automotor está definida por el programa metodológico para el estudio de la organización del transporte y normativas del trabajo en la transportación de leche hasta el centro de recepción, adecuadas a las condiciones de explotación y caracterización del proceso objeto de estudio, se determinan los diferentes tiempos de explotación según NC 34-37: 2003, adaptada a las condiciones del proceso objeto de estudio, como:

$$T_{TO} = T_{PC} + T_P + T_A + T_S + T_{DNP} + T_{IA} + T_I \quad (1)$$

donde:

T_{TO} - tiempo total de observación: incluye el tiempo de la jornada laboral desplegada por el chofer, así como el tiempo para ingerir alimentos, h;

T_{PC} - tiempo preparativo conclusivo: es el tiempo que se utiliza para la obtención de la tarea a cumplir, además de los tiempos de preparación de equipo para el trabajo, así como los de traslado del parqueo al campo y de regreso al parqueo, h;

transfer from the parking to the field and of returning to the parking, h;
 T_P - Main time: it is the most important in the working day, where the time of loading of the transport takes place, the time to leave the field, as well as the time of travel with load, h;
 T_A - auxiliary time: it includes the document formulation, time of discharge measurement, among others, h;
 T_S - time of service: it is the time that the driver needs for the attention and the daily maintenance of the vehicle, h;
 T_{DNP} - rest time and personal needs, h;
 T_{IA} - time to eat food the time the driver uses to eat food it includes breakfast, snack, lunch and dinner, h;
 T_I - time of interruptions: it includes all the times that cause interruptions in the accomplishment of the main task, h

Operating Coefficients

Efficiency in operation is given by a set of transport vehicle utilization coefficients according to Camargo and Hernández, (1989)² and Díaz *et al.* (1980).

Coefficient of utilization of operating time:

$$\tau = \frac{T_T}{T_{TO}} \tag{2}$$

Where:

$$T_T = T_{PC} + T_P + T_A + T_S + T_I [h] \tag{3}$$

Utilization coefficient of static load:

The coefficient of utilization of the static load capacity (γ_{est}), expresses the degree of efficiency with which the load capacity is operated in “Nc” number of trips with load. This is determined by the following expression:

$$\gamma_{est} = \frac{Q_r}{Q_p} \cdot 100[\%] \tag{4}$$

Where:

Q_r - total amount of actual load (liters of milk) transported, L;
 Q_p - maximum possible load to be transported by the means according to manufacturer, L.

Where:

$$Q_q = q_p \cdot N_c [L] \tag{5}$$

q_p - possible quantity of liters of milk to be transported according to the design of the truck, L;
 N_c - number of trips with load of the truck evaluated

Determination of the coefficient of utilization of travel (β)

The coefficient of utilization of the route is obtained according to:

$$\beta = \frac{L_{CC}}{\sum L_T} \cdot 100[\%] \tag{6}$$

T_P - tiempo principal: constituye el más importante dentro de la jornada laboral, en donde interviene el tiempo de carga del transporte, el tiempo para salir del campo, así como el tiempo de recorrido con carga, h;
 T_A - tiempo auxiliar: Incluye la formulación de documentos, tiempo de medición de descarga, entre otros, h;
 T_S - tiempo de servicio: es el tiempo que el conductor necesita para la atención y el mantenimiento diario del vehículo, h.
 T_{DNP} - tiempo de descanso y necesidades personales, h
 T_{IA} - tiempo para ingerir alimentos: es el tiempo en que el chofer utiliza para ingerir sus alimentos, el mismo incluye desayuno, merienda, almuerzo y comida.
 T_I - tiempo de interrupciones: en el mismo interviene todos los tiempos que ocasionan interrupciones en la realización de la tarea principal, h

Coefficientes de explotación

La eficiencia en explotación está dada por un conjunto de coeficientes de aprovechamiento de los vehículos de transporte según Camargo y Hernández, (1989)² y Díaz *et al.* (1980) como:

Coefficiente de aprovechamiento del tiempo de explotación:

$$\tau = \frac{T_T}{T_{TO}} \tag{2}$$

Siendo:

$$T_T = T_{PC} + T_P + T_A + T_S + T_I [h] \tag{3}$$

Coefficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga estática:

El coeficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga estática (γ_{est}), expresa el grado de eficiencia con el cual se aprovecha la capacidad de carga posible en “n” número de viajes con carga. Este se determina por la siguiente expresión:

$$\gamma_{est} = \frac{Q_r}{Q_p} \cdot 100[\%] \tag{4}$$

donde:

Q_r - cantidad total de carga real (litros de leche) transportada, L;
 Q_p - cantidad máxima de carga posible a transportar por el medio según fabricante, L.

Siendo:

$$Q_q = q_p \cdot N_c [L] \tag{5}$$

q_p - cantidad posible de litros de leche a transportar según el diseño del camión, L;
 N_c - cantidad de viajes con carga de los camiones evaluados.

Determinación del coeficiente de aprovechamiento del recorrido (β)

El coeficiente de aprovechamiento del recorrido, se obtiene según:

$$\beta = \frac{L_{CC}}{\sum L_T} \cdot 100[\%] \tag{6}$$

² CAMARGO, J.; HERNÁNDEZ, A.: Operaciones en el transporte., ed. María Amalia de la Torre, Ed. Ciencias Sociales, pp. 98-121, Ciudad de La Habana, Cuba, 1989.

Where:

L_{CC} - travel done by a truck in the load transportation, km,
 ΣL_T - total travel of the means of transportation, km;

The route (L_T) that carries out the automobile transport belonging to a base, by which a set of parameters of operation and maintenance are defined, is the reason why it is necessary to have a good definition of the routes and distances that the means of transportation will make either cargo or passengers, under different working conditions. It is determined by:

$$L_T = L_{CC} + L_{SC} + L_0 \text{ [km]} \quad (7)$$

Where:

L_{sc} - travel by unloaded truck, between one or more loading points, km;

L_0 - total distance traveled by empty truck for fuel and lubricant supply, km.

Determining the production of means of transportation

Production of trucks (quantity of liters of milk transported):

$$W_q = N_C \cdot q_p \cdot \gamma_{est} \text{ [L]} \quad (8)$$

Performance (W_A) of existing trucks is expressed as the ratio of liters transported between liters according to the capacity of trucks according to manufacturer, by the following expression:

$$W_A = \frac{Q_r}{A_q} \left[\frac{L_{transportados}}{L_{capacidad}} \right] \quad (9)$$

Where:

A_q - existing storage capacity in the truck fleet, L;

Where:

$$A_q = q_p \cdot C_C \quad (10)$$

Where:

C_C - number of existing truck.

Determination of production costs

The different economic indicators were obtained according to Díaz *et al.* (1980) and NC 34-38: 2003. The cost of the ton-kilometer (C_{TKM}) is determined by the following expression:

$$C_{TKM} = \left[\frac{(L_T \cdot I_{GV}) + (T_V \cdot I_{GNV})}{P_V} \right] \left[\frac{\text{peso}}{t \cdot km} \right] \quad (11)$$

Where:

L_T - total travel distance, km;

I_{GV} - variable costs index peso/km

T_V - time of a trip; h

I_{GNV} - non-variable costs index; peso/h

P_V - traffic of a trip,

Where:

$$I_{GV} = \frac{G_V}{\Sigma L_T} \left[\frac{\text{peso}}{km} \right] \quad (12)$$

and:

L_{CC} - recorrido realizado por los camiones en la transportación de las cargas, km,

ΣL_T - recorrido total de los medios de transporte, km;

El recorrido (L_T) que realiza el transporte automotor perteneciente a una base por la cual se define un conjunto de parámetros de explotación y mantenimiento del mismo, es el motivo por el cual hay que tener bien definido los recorridos y distancias que realizará el medio de transporte ya sea de carga o de pasajeros bajo diferentes condiciones de trabajo, y se determina según:

$$L_T = L_{CC} + L_{SC} + L_0 \text{ [km]} \quad (7)$$

and:

L_{sc} - recorrido efectuado por los camiones sin carga, entre uno o varios puntos de carga, km;

L_0 - distancia total que recorren los camiones en vacío para el abastecimiento de combustible y lubricantes o parques fuera de la entidad.

Determinación de la producción de los medios de transporte

Producción de los camiones (W_q - cantidad de litros de leche transportados):

$$W_q = N_C \cdot q_p \cdot \gamma_{est} \text{ [L]} \quad (8)$$

Rendimiento de los camiones existentes (W_A) se expresa como la relación de los litros transportados entre los litros atendiendo a la capacidad de los camiones según fabricante, por la expresión siguiente:

$$W_A = \frac{Q_r}{A_q} \left[\frac{L_{transportados}}{L_{capacidad}} \right] \quad (9)$$

and:

A_q - capacidad de almacenaje existente de los camiones, L;

Siendo:

$$A_q = q_p \cdot C_C \quad (10)$$

C_C - cantidad de camiones existentes.

Determinación de los costos de producción

La obtención de los diferentes indicadores económicos se realizó según Díaz *et al.* (1980) y NC 34-38: 2003, y el costo de la tonelada kilómetro (C_{TKM}) se determina por la expresión siguiente:

$$C_{TKM} = \left[\frac{(L_T \cdot I_{GV}) + (T_V \cdot I_{GNV})}{P_V} \right] \left[\frac{\text{peso}}{t \cdot km} \right] \quad (11)$$

and:

L_T - recorrido total de un viaje, km;

I_{GV} - índice de gastos variables, peso/km

T_V - tiempo de un viaje; h

I_{GNV} - índice de gastos no variables; peso/h

P_V - tráfico de un viaje,

Siendo:

$$I_{GV} = \frac{G_V}{\Sigma L_T} \left[\frac{\text{peso}}{km} \right] \quad (12)$$

Where:

G_v - costs variables that fluctuate depending on production levels of traffic, peso, according to monthly closing report³

$$G_v = S + A + R + C + O \quad (13)$$

Where:

S- salary costs of drivers which are linked to the production, peso;
 A- amortization expense for capital repairs of vehicles in one year, peso;
 R- maintenance costs and light repairs (costs of materials, spare parts, mechanic's wages, tire wear and replacement), peso;
 C- expenditures for fuel, lubricants (greases and oils), peso;
 O- other variable costs, peso.

$$I_{G_{nv}} = \frac{G_{nv}}{A_{hr}} \left[\frac{\text{peso}}{h} \right] \quad (14)$$

Where:

A_{hr} - number of hours worked by trucks, h;
 G_{nv} - no variable costs, peso; according to monthly closing report, which remain constant regardless of the production level of traffic, they are determined as:

$$G_{nv} = D_v + S_f + G_i \text{ (peso)} \quad (15)$$

Where:

D_v - costs for depreciation of vehicles, this item is from existing depreciation rates regarding an hour of work of the vehicle, h;
 S_f - costs for fixed salary of drivers, when they are paid by the selection of common occupations rather than performance, h;
 G_i - indirect costs that include administrative salaries, general costs such as electricity, subsistence allowances, costs for repairs to basic means other than milk transportation vehicles, among others, h

Cost of a ton (C_T)

$$C_T = \left[\frac{(L_T \cdot I_{GV}) + (T_V \cdot I_{G_{NV}})}{Q_V} \right] \left[\frac{\text{peso}}{t} \right] \quad (16)$$

Where:

Q_v - number of tons transported per trip, t.
 The average milk price of 2.42 peso / L in the territory is considered according to its quality

RESULTS AND DISCUSSION

Behavior of Time Elements Corresponding to a Working Day of the Means of Transport Participating in Milk Collection

In Figure 2, it is shown the behavior of operating time percentages with respect to the total time of observation composing the working day, during the operation of the trucks in bovine milk collection, in Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes

and:

G_v - gasto variables que fluctúan en dependencia de los niveles de producción del tráfico, peso, según Informe de cierre mensual³.

$$G_v = S + A + R + C + O \quad (13)$$

and:

S- gastos por concepto de salario de chóferes que estén vinculados a la producción, peso;
 A- gastos por concepto de amortización para las reparaciones capitales de los vehículos en un año, peso;
 R- gastos por concepto de mantenimiento y reparaciones ligeras (gastos de materiales, piezas de repuesto, salarios de mecánicos, desgaste y reposición de neumáticos), peso;
 C- gastos por concepto de consumo de combustible, lubricantes (grasas y aceites), peso;
 O- otros gastos variables.

$$I_{G_{nv}} = \frac{G_{nv}}{A_{hr}} \left[\frac{\text{peso}}{h} \right] \quad (14)$$

and:

A_{hr} - cantidad de horas trabajada por los camiones, h;
 G_{nv} - los gastos no variables, peso; según Informe de cierre mensual, que permanecen constantes independientemente del nivel de producción del tráfico, se determinan como:

$$G_{nv} = D_v + S_f + G_i \text{ (peso)} \quad (15)$$

and:

D_v - gastos por concepto de depreciación de los vehículos, este elemento se halla a partir de las tasas de depreciación existentes referidas a una hora de trabajo del vehículo;
 S_f - gastos por concepto de salario fijo de chóferes, cuando estos reciben un salario por el calificador de ocupaciones comunes y no por rendimiento.
 G_i - gastos indirectos que agrupan a salarios de administración, gastos generales como son: electricidad, dietas, gastos para reparaciones de medios básicos que no sean los vehículos de transporte de leche, entre otros.

Costo de una tonelada (C_T)

$$C_T = \left[\frac{(L_T \cdot I_{GV}) + (T_V \cdot I_{G_{NV}})}{Q_V} \right] \left[\frac{\text{peso}}{t} \right] \quad (16)$$

and:

Q_v - cantidad de toneladas transportadas por viaje, t.
 Se considera el precio promedio de la leche de 2,42 peso/L en el territorio atendiendo a su calidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de los elementos del tiempo de la jornada laboral de los medios de transporte que participan en el acopio de leche

En la Figura 2 se muestra, el comportamiento del porcentaje de los tiempos de explotación con respecto al tiempo total de observación que componen la jornada laboral durante la explotación

³ Informes de cierre mensual de los departamentos de economía de las Empresas Lácteas en los diferentes municipios Sibanicú, Jimaguayú y Vertientes. 2014.

Municipalities. The values of total observation time in the municipalities of Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes were 109.63, 125.73 and 170.22 hours, respectively.

The final preparatory time (TPC) reached values between 8.38% (10.63 h) and 14.64% (24.92 h) as an average of the working time in the municipalities studied. The municipality of Vertientes reached the highest value with 14.64% (24.92 h), that is considered too high, which affects labor productivity, mainly due to the poor organization of the means of transportation at the base and it facilitates they are used in other activities not related to its corporate purpose.

In the case of the main time (TP), it ranged from 47.16 (80.27 h) to 57.65% (72.48 h) of the total time observed during the working day. The highest value was obtained for the municipality of Sibanicú, this indicator is considered low, which indicates that the truck's main activity is not taken fully, mainly due to the low volumes of milk collection, the inadequate location of the collection points, the bad conditions of the roads and organizational causes in the process.

The auxiliary time (TA) behaved with 17.13 (18.78 h); 19.06 (23.97 h) and 28.93% (49.25 h) in Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes, respectively. It is mainly used in the loss of time during the preparation of documents (billing and reconciliation between hauler, producer and receiving point) and the losses in the discharge operations, due to the poor technical condition of the milk reception facilities and the low availability in the simultaneous discharge, which causes queuing.

One aspect that limits the work efficiency of the means of transport in milk collection was the high index of interruption time (TI). It reached values between 9.27 (15.78 h) and 14.91% (18.75 h) of the working day in the three territories, respectively and that is the main technical and organizational reserve of the transport in this activity. Within the causes that affect this result is waiting time to load in the field (T_{epc}), due to the late arrival of the haulers to the point of collection, inadequate location of the milk containers or away from the point of loading, among other organizational factors along the route.

de los camiones en el acopio de leche vacuna en los municipios de Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes. El valor del tiempo total de observación en los municipios de Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes fue de 109,63; 125,73 y 170,22 h respectivamente.

El tiempo preparativo conclusivo (TPC) alcanzó valores entre 8,38% (10,63 h) y 14,64% (24,92 h) como promedio del tiempo de la jornada laboral en los municipios estudiados. El municipio de Vertientes alcanzó el valor más alto con un 14,64% (24,92 h), este elevado valor afecta la productividad del trabajo, dado fundamentalmente por la deficiente organización del parqueo de los medios de transporte en la base, lo cual facilita que sean utilizados en otras actividades no afines a su objeto social.

En el caso del tiempo principal (TP) osciló entre 47,16 (80,27 h) y 57,65% (72,48 h) del tiempo total observado de la jornada laboral, el valor más elevado se obtuvo para el municipio de Sibanicú, este indicador se considera bajo, lo cual denota que no se aprovecha en su totalidad la actividad fundamental del camión, debido principalmente a los bajos volúmenes de acopio de leche, la inadecuada ubicación de los puntos de recogida, el mal estado de los caminos y las causas organizativas en el proceso.

El tiempo auxiliar (TA) se comportó con un 17,13 (18,78 h); 19,06 (23,97 h) y 28,93% (49,25 h) en Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes respectivamente, que se emplea principalmente en las pérdidas de tiempo durante la elaboración de documentos (facturación y conciliación entre el acarreador, productor y punto de recepción) y las pérdidas en las operaciones de descarga dado al mal estado técnico de las instalaciones receptoras de leche y la poca disponibilidad en la descarga simultánea, lo que provoca formación de colas.

Un aspecto que limita la eficiencia del trabajo de los medios de transporte que participan en el acopio de la leche, lo constituyó el elevado índice del tiempo de interrupciones (TI), que arrojó valores entre 9,27 (15,78 h) y 14,91% (18,75 h) de la jornada laboral en los tres territorios respectivamente, este aspecto constituye la principal reserva técnico - organizativa del transporte en esta actividad; dentro de las causas que inciden en este resultado se encuentra: el tiempo de espera para cargar en el campo (T_{epc}), debido a la llegada tarde de los acarreadores al punto de acopio, inadecuada ubicación de las cantinas o alejadas del punto de carga, entre otros factores organizativos en la ruta.

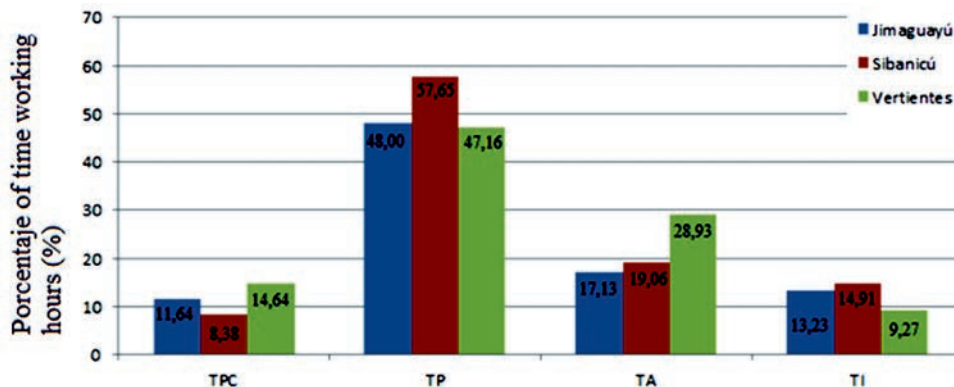


FIGURE 2. Behavior of the Percentage of the Working Times that Compose the Working Day during Milk Transportation in the Municipalities of Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes.

FIGURA 2. Comportamiento del porcentaje de los tiempos de explotación que componen la jornada laboral durante el transporte de leche en los municipios de Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes.

Performance of the Main Indices Transport Operation in Collecting Cow's Milk

Figure 3 shows a comparison of the different coefficients: the utilization of the static load capacity, the route and the time of operation of the means of transport, evaluated in the municipalities of Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes. The evaluation of these indices in an entity facilitates understanding the work efficiency of them and their economic impact.

Comportamiento de los principales índices de explotación del transporte en el acopio de leche vacuna

En la Figura 3 se puede apreciar una comparación de los diferentes coeficientes: el de aprovechamiento de la capacidad de carga estática, del recorrido y del tiempo de explotación de los medios de transporte, evaluados en los municipios de Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes. La evaluación de estos índices en una entidad, facilita comprender la eficiencia del trabajo de los mismos y su impacto económico.

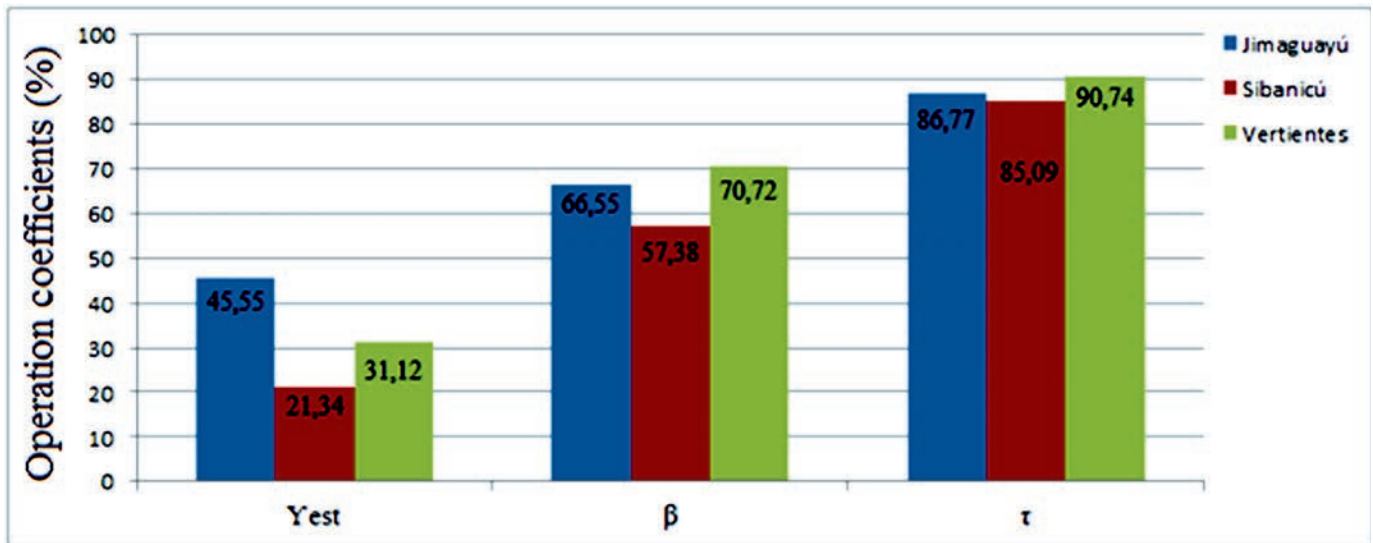


FIGURE 3. Behavior of Transport Operation Rates in the Municipalities of Jimaguayu, Sibanicu and Vertientes.

FIGURA 3. Comportamiento de los índices de explotación del transporte en los municipios de Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes.

The result obtained in the three municipalities evaluated Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes, is considered unfavorable, occupying only 45.55, 21.34 and 31.12% of static load capacity utilization (γ_{est}) respectively, mainly because of the poor availability of milk collection points and inadequate organization of the fleet capacities considering the historical collecting volumes by route.

The determination of the route coefficient of utilization (β) is considered of maximum relevance in the operation of the automotive transport. The results of this indicator are in correspondence with the type of route the loads describe. In the case of milk collection, the routes that the automotive means describe are distribution, circular or collection, mainly. The truck is filled as it carries out a determined path between one and several points of collection. In that sense, the path with load L_{cc} , must be greater than the others must, if the no-load travel L_{sc} and the total distance that the empty trucks travel (L_o) exceed the established values, the coefficient is severely affected. This happens with the trucks used in the collection of milk to the point of cooling in the case of Jimaguayú, which reaches values of 66.55% (76.9 km), mainly because the distance occupies 11.99% of total kilometers traveled on average (13.86 km).

The trucks used in the collection of milk to the cheese factory in Sibanicú, reach a coefficient of utilization of the route of approximately 58%, mainly due to the fact that

El resultado obtenido en los tres municipios evaluados Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes, se considera desfavorable, al ocupar solo el 45,55; 21,34 y 31,12% de aprovechamiento de la capacidad de carga estática (γ_{est}) respectivamente, debido principalmente por la deficiente disponibilidad de leche en los puntos de recogida y la inadecuada organización de las capacidades del parque automotor según los volúmenes históricos de acopio por rutas.

La determinación del coeficiente de aprovechamiento del recorrido (β) se considera de máxima relevancia en la explotación del transporte automotor, los resultados de este indicador están en correspondencia con el tipo de ruta que describen las cargas, en el caso del acopio de leche las rutas que describen los medios automotores son de distribución, circulares o de recogida principalmente, donde el camión se va llenando en la medida que realiza un recorrido determinado entre uno y varios puntos de acopio, en tal sentido el recorrido con carga L_{cc} , debe ser mayor a los demás, si el recorrido sin carga L_{sc} y la distancia total que recorren los camiones en vacío (L_o) sobrepasan los valores establecidos, el coeficiente se afecta severamente. Esto sucede con los camiones utilizados en el acopio de leche hacia el punto de enfriamiento en el caso de Jimaguayú, el cual alcanza valores de 66,55% (76,9 km), debido principalmente a que la distancia L_o ocupa el 11,99% del total de kilómetros recorridos como promedio (13,86 km).

Los camiones empleados en el acopio de leche hacia la fábrica de queso en Sibanicú, alcanzan un coeficiente de aprovechamiento del recorrido de aproximadamente 58%, debido

the distance L_o occupies 18% of the average kilometers traveled (17.63 km).

In freight transportations, it is important to evaluate the correspondence between the times the vehicle transits under load and the total time. This indicator directly affects the economy and the energy efficiency of the environment, since it affects the direct costs of means of transport.

In the investigation, the value obtained from the use of time reaches (τ) values between 85 and 91%. These values, in spite of being above 85%, show that there are technical - organizational reserves in the process under study, mainly due to the organizational problems of transportation above-mentioned; so it is vitally important to reduce the no-load travel and the stationary times (reduce the loss of time to load in the field).

Analysis of the Production of Means of Transport

The performance of trucks production, in quantity of liters transported on average, showed values of 2004.28 L, 934.88 L and 1 176.28 L in the localities studied. These are well below the transport design capacity used in the milk collection process, in accordance with the results of the utilization coefficient of the static load capacity obtained in Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes Municipalities.

Similar results are obtained for the performance in liters transported per liters of capacity of the trucks under study, obtaining that a vehicle transports during the working day 5.1, 4.27 and 6.2% of the fleet capacity in use in Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes, respectively. In the evaluation of the fuel consumption index, values are obtained averaging 2.97, 3.62 and 4.30 km / L in Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes, respectively. These values are low compared to the values obtained by Gonzalez (2008) and Marimón *et al.* (2013), who obtained an average consumption index of 5 and 6 km / L for Yuchai engines in Omnibus Giron V and Zil 130, respectively. That responds to the inadequate conditions of the roads that lead to excessive speed changes affecting the speed of travel of vehicles and the unnecessary distances of traveling without loads, which can be seen more clearly in the municipalities of Jimaguayú and Sibanicú.

Technical - Economic Analysis of the Milk Collection and Distribution Process

Taking into consideration the average milk price of 2.42 peso/L in the territory according to their quality, in the case of Jimaguayú, the quantity of acidic milk arrived at the reception center due to transportation problems amounted to 18,302 L for a total of 44 290.84 pesos. In the case of Sibanicú, the volume amounted to 26 154 L, for an amount of 63 292.68 pesos. Likewise, in Vertientes, the volume of acidic milk due to transportation problems amounted to 88 224 L, for a total of 213 502.08 pesos. These values represent a total of 132 680 L of acidic milk due to transport problems, for a value of 221 085 pesos.

en lo fundamental a que la distancia L_o ocupa el 18% del total de kilómetros recorrido como promedio (17,63 km).

En las transportaciones de carga es importante evaluar la correspondencia que existe entre el tiempo en que el vehículo transita con carga y el tiempo total, este indicador incide directamente en la economía y la eficiencia energética del medio, dado a que repercute en los gastos directos de los medios de transporte.

En la investigación el valor obtenido del aprovechamiento del tiempo (τ) alcanza valores entre el 85 y el 91%, estos valores a pesar de estar por encima del 85% demuestran que existen reservas técnico - organizativas en el proceso objeto de estudio, debido principalmente a los problemas organizativos de las transportaciones anteriormente expuestas; por lo que es de vital importancia disminuir los recorridos sin cargas y los tiempos estacionarios (disminuir las pérdidas de tiempo para cargar en el campo).

Análisis de la producción de los medios de transporte

El comportamiento de la producción de los camiones en cuanto a la cantidad de litros transportados como promedio arrojó valores de 2 004,28 L; 934,88 L y 1 176,28 L; estos se encuentran muy por debajo de la capacidad de diseño del transporte empleado en el proceso de acopio de la leche, acorde con los resultados del coeficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga estática, obtenidos en los tres municipios Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes.

Resultados similares se arrojan para el rendimiento en litros transportados por litros de capacidad de los camiones en estudio, obteniéndose que un vehículo transporta durante la jornada de trabajo el 5,1; 4,27 y 6,2% de la capacidad en uso del parque en Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes respectivamente. En la evaluación del índice de consumo de combustible se obtienen valores como promedio de 2,97; 3,62 y 4,30 km/L en Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes respectivamente. Estos bajos valores en comparación con los valores obtenidos según González (2008) y Marimón *et al.* (2013), que obtuvieron un índice de consumo promedio de 5 y 6 km/L para motores Yuchai en Omnibus Girón V y Zil 130 respectivamente; responden a las condiciones inadecuadas de los caminos que conllevan a realizar cambios excesivos de velocidad afectando la velocidad de traslación de los vehículos y las distancias que recorren los camiones en vacío (L_o) innecesarias, lo que se aprecia de forma más marcada en los municipios de Jimaguayú y Sibanicú.

Análisis técnico-económico del proceso de acopio y distribución de leche

Tomando en consideración el precio promedio de la leche de 2,42 peso/L en el territorio atendiendo a su calidad. En el caso de Jimaguayú, la cantidad de leche ácida llegada al centro de recepción por problemas del transporte ascendió a 18 302 L para un monto de 44 290,84 peso. Para el caso de Sibanicú, el volumen ascendió a 26 154 L, para un monto de 63 292,68 peso. Asimismo en Vertientes, el volumen de leche ácida por problemas del transporte asciende a 88 224 L, para un monto de 213 502,08 peso. Estos valores representan un total de 132 680 L de leche ácida por problemas de transporte, para un valor de 221 085 pesos.

From the analysis of the cost of milk transportation operation in Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes, the results obtained were 0.59, 0.49 and 0.7 peso/t-km, respectively. The cost of one ton was 34.22, 33.56 and 34.64 peso/t. These values are influenced by the low rates of load capacity utilization of the vehicles, the high rate of total distance traveled without load and the time losses to load in the field.

CONCLUSIONS

- The result of the evaluation of the technical - economic indicators of the trucks labor in milk collection in Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes showed the inefficient operation of the means of transport in the process, motivated by low volumes of collection, inadequate location of collection points, bad conditions of the roads, as well as organizational problems, obtaining:
- The main time with average values between 47.16 and 57.65% of the working day; The total time of interruptions, that yielded average values between 9.27 and 14.91%, constituted the main technical and organizational reserve of the transport in this activity.
- The coefficient of static utilization of the load was between 21.34 and 45.55% as an average for the three municipalities studied.
- The fuel consumption index reached values averaging 2.9 , 3.62 and 4.30 km / L in Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes respectively;
- The quantity of acidic milk arriving at reception centers due to transportation problems in the evaluated municipalities amounted to 132 680 L, for an amount of 221 085.60, pesos;
- The cost of the ton-kilometer reached average values between 0.59, 0.49 and 0.7 and the cost of each ton increased by transportation in 34.22, 33.56 and 34.64 pesos in Jimaguayú, Sibanicú and Vertientes, respectively.

Del análisis del costo de operación de la transportación de leche en los municipios de Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes, los resultados obtenidos fueron de 0,59; 0,49 y 0,7 peso/t – km, respectivamente y el costo de una tonelada fue de 34,22; 33,56 y 34,64 peso/t, estos valores se encuentran influenciado por los bajos índices de aprovechamiento de la capacidad de carga de los vehículos, por la elevada distancia total recorrida en vacío (Lo) y por las pérdidas de tiempo para cargar en el campo.

CONCLUSIONES

- El resultado de la evaluación de los indicadores técnicos - económicos de explotación en el trabajo de los camiones en el acopio de leche en Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes demostró la ineficiente explotación de los medios de transporte en el proceso, motivado por los bajos volúmenes de acopio de leche, la inadecuada ubicación de los puntos de recogidas, el mal estado de los caminos, así como, los problemas organizativos, obteniéndose:
- El tiempo principal con valores promedios entre 47,16 y 57,65% de la jornada laboral y el tiempo total de interrupciones que arrojó valores promedios entre 9,27 y 14,91%, constituyendo la principal reserva técnico – organizativa del transporte en esta actividad.
- Los coeficientes de aprovechamiento de la capacidad estática de carga de los camiones y del recorrido con valores promedios entre 21,34 - 45,55% y 57,38 - 66,55% respectivamente, para los tres municipios estudiados.
- El índice de consumo de combustible que alcanzó valores como promedio de 2,97; 3,62 y 4,30 km/L en Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes respectivamente;
- La cantidad de leche ácida llegada a los centros de recepción por problemas del transporte en los municipios evaluados que ascendió a 132 680 L, para un monto de 221 085,60 peso.
- El costo de la tonelada - kilómetro alcanzó valores promedios entre 0,59; 0,49 y 0,7 y el costo de cada tonelada se incrementa por concepto de transporte en 34,22; 33,56 y 34,64 peso en Jimaguayú, Sibanicú y Vertientes respectivamente.

REFERENCES / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUTLER, M.; HERLIHY, P.; KEENAN, P.B.: "Integrating information technology and operational research in the management of milk collection", *Journal of Food Engineering*, ser. Operational Research and Food Logistics, 70(3): 3 1-3 9, 1 de octubre de 2005, ISSN: 0260-8774, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.02.046.
- DE LAS CUEVAS, M.H.R.; DÍAZ, M.; GÓMEZ, I.; PANEQUE, P.: "Evaluación tecnológica y de explotación de la combinada de caña CAMECO", *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(4): 35-38, 2014, ISSN: 2326-1545.
- DÍAZ, P.F.; GALVAÑI, P.E.M.; CASTAÑER, H.J.A.: *Planificación del transporte de carga y pasajeros*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 257 p., 1980.
- DOOLEY, A.E.; PARKER, W.J.; BLAIR, H.T.: "Modelling of transport costs and logistics for on-farm milk segregation in New Zealand dairying", *Computers and Electronics in Agriculture*, 48(2): 75-91, 1 de agosto de 2005, ISSN: 0168-1699, DOI: 10.1016/j.compag.2004.12.007.
- GONZÁLEZ, M.: *Evaluación de la efectividad técnico – económico de la sustitución de motores Yuchai en los camiones Zil 130 de la empresa cárnica de Pinar del Río*, Universidad de Pinar del Río, Trabajo de Diploma, Pinar del Río, Cuba, 2008.
- GYULAI, D.; PFEIFFER, A.; SOBOTKA, T.; VÁNCZA, J.: "Milkrun Vehicle Routing Approach for Shop-floor Logistics", *Procedia CIRP*, ser. Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems 2013, 7: 127-132, 1 de enero de 2013, ISSN: 2212-8271, DOI: 10.1016/j.procir.2013.05.022.
- KALRA, K.K.; SINGH, R.V.: "Milk transportation routes management", *Agricultural Systems*, 28(4): 259-271, 1 de enero de 1988, ISSN: 0308-521X, DOI: 10.1016/0308-521X(88)90070-4.

- MARIMÓN, M.; HERNÁNDEZ, L.R.; AGUIAR, L.; SERRADET, Y.: "Contaminación del medio ambiente y remotorización", *Avances*, 15(2): 207-214, 2013, ISSN: 1562-3297.
- MATOS, R.N.; GARCÍA, C.E.: "Evaluación técnica y de explotación de los camiones en la transportación de la caña", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 30-33, junio de 2012, ISSN: 2071-0054.
- MATOS, R.N.; GARCÍA, C.E.; GONZÁLEZ, G.J.R.: "Evaluación técnica y de explotación de las cosechadoras de caña Case-7 000", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4): 6-9, diciembre de 2010, ISSN: 2071-0054.
- MIRANDA, C.A.; CASTELLS, H.S.; FERNÁNDEZ, A.O.; SANTOS, G.F.; IGLESIAS, C.C.: "Análisis de la utilización del tiempo de turno por las cosechadoras arroz CLAAS DOMINATOR", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4): 27-31, diciembre de 2013, ISSN: 2071-0054.
- MIRANDA, C.A.; IGLESIAS, C.C.; ANILLO, J.; FALCÓN, L.; RIVERO, F.R.; RIVERO, M.R.; RUIZ, L.M.; CRUZ, B.A.: "Evaluación tecnológica y explotación de las cosechadoras de arroz New Holland L-520", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11(4): 13-15, 2002, ISSN: 2071-0054.
- MOREJÓN, M.Y.; IGLESIAS, C.C.E.; DOMÍNGUEZ, C.G.: "Evaluación de los medios de transporte utilizados en el proceso cosecha-transporte del arroz en el Complejo Agroindustrial "Los Palacios"", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(3): 45-48, septiembre de 2012, ISSN: 2071-0054.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación económica*, no. 3 -38, La Habana, Cuba, 2003a.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación tecnológica - explotativa*, no. 34-37, La Habana, Cuba, 2003b.
- OLIVET, Y.E.; ORTIZ, A.; COBAS, D.; BLANCO, A.; HERRERA, E.: "Evaluación de la labor de rotura con dos aperos de labranza para el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* Lam) en un Fluvisol", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4): 24-29, diciembre de 2012, ISSN: 2071-0054.
- ONEI (OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMACIÓN): *Panorama Territorial. Cuba 2014*, [en línea], Ed. ONEI, La Habana, Cuba, 2015, Disponible en: <http://www.onei.cu/panoramaterritorial2014.htm>, [Consulta: 5 de septiembre de 2016].
- ORTIZ, A.E.; GASKINS, B.G.; PARRA, L.R.; VÁZQUEZ, H.B.: "Evaluación tecnológica y de explotación de conjuntos de máquinas en la labor de surcado para el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* (Lam) Poir)", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(2): 11-14, junio de 2011, ISSN: 2071-0054.

Received: 27/11/2016.

Approved: 11/09/2017.

Dusquier Elizalde-Rodríguez, Profesor Instructor, Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte y Loynaz", Facultad de Electromecánica, Departamento de Ingeniería Mecánica, Circunvalación Norte km 23½, Camagüey, Cuba, Teléfono: (032) 261456, E-mail: dusquier.elizalde@reduc.edu.cu

Neeldes Matos-Ramírez, E-mail: neeldes.matos@reduc.edu.cu.

Pedro A. Valdés-Hernández, E-mail: pvaldes@unah.edu.cu

Dalmis Delgado-González, E-mail: dusquier.elizalde@reduc.edu.cu

Leider Labrada-Acosta, E-mail: dusquier.elizalde@reduc.edu.cu

Randy Milanés-Pérez, E-mail: dusquier.elizalde@reduc.edu.cu

Note: the mention of commercial equipment marks, instruments or specific materials obeys identification purposes, there is not any promotional commitment related to them, neither for the authors nor for the editor.