

## MECANIZACIÓN AGRÍCOLA

### ARTÍCULO ORIGINAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13380.83848>

# Planificación de los servicios técnicos a los tractores y la demanda de lubricantes

## *Planning the technical services to the tractors and the demand of lubricants*

Dr.C. Manuel Fernández-Sánchez<sup>I</sup>, M.Sc. Damián Lora-Cabrera<sup>II</sup>, Dr.C. Liudmila Shkiliova<sup>III</sup>, M.Sc. Sarilena Ramos-Díaz<sup>I</sup>, M.Sc. Andy Azoy-Capote<sup>I</sup>

<sup>I</sup>Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba;

<sup>II</sup>Ministerio de la Agricultura, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba;

<sup>III</sup>Universidad Técnica de Manabí, Provincia de Manabí, República de Ecuador.

**RESUMEN.** En el presente trabajo se muestran los resultados del diseño de un algoritmo matemático para la planificación de las cantidades y tipos de mantenimientos técnicos y reparaciones a ejecutar a los tractores, así como la demanda de los productos lubricantes necesarios para cumplir con estas actividades. Se exponen los aspectos generales de las metodologías empleadas para la concepción y desarrollo del algoritmo, se describen los componentes principales que lo conforman, el formato empleado para su diseño y se muestra su funcionalidad mediante datos reales. Con el diseño del algoritmo matemático se logra dotar al personal técnico de las Unidades Empresariales de Base Integrales de Servicios Técnicos del Ministerio de la Agricultura (UEBIST) y del resto de los talleres existentes en cada municipio de una nueva herramienta de trabajo que les posibilita planificar de una forma fácil y rápida los servicios de mantenimientos y reparaciones del parque de tractores y parte de la logística necesaria para su cumplimiento.

**Palabras clave:** maquinaria agrícola, explotación, mantenimiento, programación.

**ABSTRACT.** This paper shows the results of the design of a mathematical algorithm for planning the quantities and types of technical maintenances and repair of tractors, and so the demand of the lubricants necessary to accomplish these activities. It shows the general aspects of the methodologies used for the conception and development of the algorithm, are described the main components, the format, and its functionality on the basis of real data. With the design of the mathematical algorithm it is possible to provide to the technicians of the Basic Integral Units of Technical Services of the Ministry of Agriculture and to the other shops existing in each municipalities of a new working tool that makes possible planning in an easy and quick way the services of maintenance and repairs of the tractors and part of the logistics necessary for its fulfillment.

**Keywords:** agricultural machinery, exploitation, maintenance, programming.

## INTRODUCCIÓN

La periodicidad de realización de los mantenimientos técnicos y reparaciones de los tractores se puede expresar en horas cronológicas de trabajo, en hectáreas patrón convencionales, kilómetros recorridos, combustible consumido y en moto-horas (Daquinta 2008). En el caso específico del sector agrícola de Cuba, esta periodicidad se mide en litros de combustible consumido, aunque esta forma requiere de la tenencia de eficientes medios tecnológicos para su despacho y de un estricto control sobre su uso, aspectos que garantizarán conocer con exactitud

los consumos reales de combustible en los tractores durante un determinado período de su explotación.

Tradicionalmente para planificar los mantenimientos técnicos y reparaciones de los tractores en Cuba, se utilizó como fuente de información primaria las cartas tecnológicas de los cultivos agrícolas, en las cuales aparecían reflejados los trabajos a realizar por este tipo de máquinas en las diferentes actividades agrícolas y el volumen de combustible a consumir en cada una de ellas durante el año. Esta información constituye la base

para emplear varios de los métodos de planificación reportados por la bibliografía especializada<sup>1:2:3</sup>. (Gusapov, 1981), a pesar de que todos tienen como una de sus desventajas su elevada laboriosidad, producto del gran volumen de información que se necesita procesar, por lo que se requiere de tiempo, conocimientos y habilidades prácticas para su empleo. No obstante, estos métodos sirvieron de referencia para la elaboración, por parte de especialistas cubanos, de los primeros documentos normativos y metodológicos para la organización del trabajo y los salarios en los talleres a nivel de empresa y de distrito y la elaboración del plan de mantenimientos y reparaciones de la maquinaria agrícola (Fernández, 2015), los cuales tuvieron una gran utilización en Cuba hasta mediados de la década de los años ochenta del pasado siglo, aunque posteriormente a esta fecha dejaron de utilizarse debido fundamentalmente al debilitamiento de las producciones en los talleres dedicados al mantenimiento y la reparación de la técnica agrícola, aspecto que trajo aparejado un resquebrajamiento de la disciplina tecnológica por parte del personal técnico, al descontrol de los recursos y el abandono de los principales mecanismos para la planificación, organización y control del trabajo de la maquinaria (Rosales *et al.*, 2016).

Es solo a partir de la creación de las Unidades Empresariales de Base Integrales de Servicios Técnicos (UEBIST) en el año 2009 que las actividades de planificación y control de los servicios técnicos pasan a ser una tarea de máxima prioridad dentro del proceso de reorganización de la estructura organizativa de las entidades del Ministerio de la Agricultura (Jeletz *et al.*, 2009; Suarez, 2011; Fernández, 2013). Esta nueva forma organizativa, trajo aparejada la necesidad de implementar nuevos mecanismos para la gestión empresarial, de ahí la importancia de la búsqueda, validación y propuesta de métodos de planificación y control de los servicios técnicos acordes con las condiciones materiales y humanas existentes hoy en día en estas unidades. Paradójicamente, en la mayoría de las Unidades Empresariales de Servicios Técnicos aún no se han creado los equipos técnicos de trabajo para acometer las tareas de gestión de los servicios y por lo general el personal existente aún continúa siendo escaso, dispone de poco tiempo para dedicarse a este tipo de labor dado el amplio espectro de tareas que tiene que acometer. Por tanto, dotarlos y entrenarlos en el uso de nuevas herramientas de trabajo que agilicen este proceso es una tarea de vital importancia, lo que propiciará incrementar los actuales niveles de gestión de los servicios.

Basados en esta problemática, el presente trabajo tiene como objetivo diseñar un algoritmo matemático para la planificación de los servicios técnicos a realizar a los tractores y el volumen de los productos lubricantes a utilizar para cumplir con estas actividades.

## MÉTODOS

El diseño del algoritmo matemático se fundamenta en los aspectos teóricos desarrollados por Soldovsky (1983) para la planificación de los mantenimientos y reparaciones de los tractores mediante la teoría de las probabilidades, en la metodología para la planificación estratégica de los servicios de mantenimientos y reparaciones de los tractores desarrollada por Fernández, Lora y Shkiliova (2012, 2014), así como en las metodologías para el cálculo de los indicadores de consumo de lubricantes<sup>4:5</sup>. También, en los resultados de su aplicación en diferentes escenarios productivos<sup>6</sup> (Azoy, 2012); (Fernández, 2009) y en la información relacionada con los diferentes parámetros constructivos de las diferentes marcas de tractores y los ciclos establecidos para la ejecución de los diferentes actividades técnicas y la sustitución de los productos lubricantes.<sup>7:8,9:10:11:12:13</sup>

El algoritmo se diseñó en Microsoft Excel y está compuesto por tres hojas principales de trabajo vinculadas entre sí mediante fórmulas y funciones en correspondencia con los fundamentos teóricos y metodológicos siguientes:

### Aspectos generales de las metodologías empleadas para el diseño del algoritmo matemático

#### Metodología para la planificación de los servicios de mantenimientos y reparaciones de los tractores

La metodología empleada para el cálculo de la cantidad de mantenimientos técnicos y reparaciones de los tractores tiene se fundamenta en los aspectos teóricos desarrollados por Soldovsky (1983) a partir de la teoría de las probabilidades. De acuerdo con ello, cada una de estas actividades tiene una probabilidad fija de ocurrencia durante el ciclo de trabajo de un tractor hasta su reparación general. Por tanto, si se conocen las probabilidades de ocurrencia de los mantenimientos periódicos y las reparaciones así como la sumatoria del gasto de combustible (planificada) de todos los tractores de una marca dada durante

<sup>1</sup> LEVISTSKI, I. S.: Organización de la reparación y proyección de talleres agrícolas. Ed. Kolos. Moscú, 1977

<sup>2</sup> ULMAN, I. E.: Reparación de las máquinas. Ed. Kolos, Moscú (en ruso), 1976.

<sup>3</sup> IOFINOV, S. A.: Utilización del parque de maquinarias y tractores. Ed. Kolos, Moscú, 1978.

<sup>4</sup> HERNÁNDEZ, E. P.: Metodología para la obtención de los índices de consumo de lubricantes en por cientos sobre el combustible consumido en los tractores, 8pp., publicaciones del IIMA, La Habana, Cuba, 1980.

<sup>5</sup> RAMÍREZ, D. P.: Normas de consumo de lubricantes en los equipos agrícolas, 12pp., publicaciones del IIMA, La Habana, Cuba, 2003.

<sup>6</sup> SALAS, O. S.: Investigación sobre la variación de los consumos usando los nuevos lubricantes. 12pp., publicaciones del IIMA, La Habana, Cuba, 1986.

<sup>7</sup> TRACKTOROEXPORT. Instrucciones para la explotación de los tractores YUMZ 6M/6L. Moscú, URSS, 1972.

<sup>8</sup> BELARUS. Manual de explotación de los tractores Belarus 510, 510E, 890, 892. Minsk, Belarus, 2006.

<sup>9</sup> BELARUS. Manual de explotación de los tractores Belarus 80.1, 80.2, 82.1, 82.2, 82P. Minsk, Belarus, 2006.

<sup>10</sup> NEW HOLLAND. Manual del operador de los tractores New Holland Series TD 60D –TD 95D Plus y TM 7000. Roma, Italia, 2007.

<sup>11</sup> YTO GROUP CORPORATION. Manual de operación y mantenimiento de los tractores YTO Serie LR-LX. Luoyang, China, 2010.

<sup>12</sup> SAME DEUTZ-FAHR. Manual del conductor. Serie EXPLORER 85E-115E. Roma, Italia, 2013.

<sup>13</sup> FOTON LOVOL INTERNATIONAL. Manual de instrucciones de los tractores Fotón Serie TD. Weifang, China, 2010.

un período dado y la periodicidad del mantenimiento técnico No-1, es posible en una forma fácil y rápida calcular la cantidad de mantenimientos y reparaciones a realizar a los mismos.

**Secuencia de aplicación de la metodología:**

1. Se calcula el número total (n) de actividades técnicas a realizar a un tractor o grupo de tractores de una misma marca durante un período

Teniendo en cuenta que la periodicidad de los MT-1 marca la pauta para la conformación del ciclo de mantenimiento de un tractor hasta su reparación general, es posible entonces determinar la cantidad total de mantenimientos y reparaciones a realizar si se establece la relación entre la carga de trabajo planificada y el valor de la periodicidad del MT-1 mediante la siguiente expresión:

$$n = Qe / R \tag{1}$$

donde:

R- periodicidad del MT-1, L;

Qe – carga total de trabajo planificada de todos los tractores de una misma marca, L.

El valor de esta carga de trabajo se determina a partir de una de las tablas de salida del programa automatizado AnaExplo (Sotoet al, 2006); (Lora, 2006) aplicando el procedimiento

desarrollado por Fernández, Lora y Shkiliova(2012).

2. Se determina las cantidades de mantenimientos técnicos y reparaciones por tipos

Primeramente se seleccionan en la Tabla 2 los valores de probabilidad de ocurrencia de los diferentes tipos de mantenimientos y reparaciones de cada una de las marcas de tractores a los cuales se les planificaran estas actividades, luego se procede al cálculo según las siguientes expresiones:

$$n_1 = P_1 \cdot n \tag{2}$$

$$n_2 = P_2 \cdot n \tag{3}$$

$$n_3 = P_3 \cdot n \tag{4}$$

$$n_{corr} = P_{corr} \cdot n \tag{5}$$

$$n_{gen} = P_{gen} \cdot n \tag{6}$$

donde:

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>corr</sub>, P<sub>gen</sub> - probabilidades de los MT-1, MT-2, MT-3, las reparaciones corrientes y generales respectivamente; n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, n<sub>3</sub>, n<sub>corr</sub>, n<sub>gen</sub> - cantidad de MT-1, MT-2 y MT-3, reparaciones corrientes y generales respectivamente.

**TABLA 2. Probabilidades de ocurrencia de los mantenimientos técnicos y reparaciones de las diferentes marcas de tractores en explotación hasta la reparación general**

Tractor, marca	Valor de las probabilidades							
	P <sub>1</sub>	P <sub>1A</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2A</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>3A</sub>	P <sub>rc</sub>	P <sub>rg</sub>
Para tractores fabricados hasta el año 1982								
YUMZ-6M	0,8	-	0,1	-	0,05	-	0,03	0,016
YUMZ-6M*	0,66	-	0,166	-	0,083	-	0,055	0,027
MTZ-80/82	0,75	-	0,125	0,062	0,0312	-	0,0208	0,0104
K-700	0,75	-	0,125	0,062	0,0312	-	0,0208	0,0104
T-150K	0,75	-	0,125	0,062	0,0312	-	0,0208	0,0104
DT-75	0,66	0,083	0,166	-	0,027	0,027	0,0185	0,0092
T-28X3	0,75	-	0,125	0,062	0,0312	-	0,0208	0,0104
T28X4	0,5	0,25	0,125	0,062	0,0312	-	0,0208	0,0104
T-25	0,75	-	0,125	0,062	0,0208	0,0208	0,0138	0,0069
Para tractores con periodicidad entre MT de 125 - 500 y 1000 h								
MTZ-510, MTZ-50	0,75	-	0,125	-	0,0625	-	0,0416	0,0208
MTZ-800-890-892	0,75	-	0,125	-	0,0625	-	0,0416	0,0208
XT3-150K	0,5	-	0,25	-	0,125	-	0,0833	0,0416
MTZ-1221	0,5	0,25	0,125	-	0,0625	-	0,0416	0,0208
Para tractores con periodicidad entre MT de 50-250-500 y 1000 h								
Valtra-Valmet	0,8	-	0,01	0,05	0,025	-	0,016	0,008
MasseyFerguson	0,8	-	0,01	0,05	0,025	-	0,016	0,008
John Deere	0,8	-	0,01	0,05	0,025	-	0,016	0,008
Para tractores con periodicidad entre MT de 50-200-400-800 y 1600 h								
Foton TD-904	0,75	-	0,125	0,0625	0,0312	-	0,0208	0,0104
Para tractores con periodicidad entre MT de 50-200-1000 y 2000 h								

Tractor, marca	Valor de las probabilidades							
	P <sub>1</sub>	P <sub>1A</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2A</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>3A</sub>	P <sub>rc</sub>	P <sub>rg</sub>
YTOX604-X904 YTO LX904H- LX954 YTO LX600-1000	0,75		0,2		0,025		0,016	0,0083
<b>Para tractores con periodicidad entre MT de 50-500-1000 y 2000 h</b>								
New Holland TD 60D New Holland TD 95D	0,8	0,1	0,05		0,025	-	0,0166	0,0083
<b>Para tractores con periodicidad entre MT de 50-300-1200 y 2400 h</b>								
New Holland TM 7030 Same. Modelos Explorer Classic 90T y 105T Explorer 85E, 100E, 115E Krypton 110 SIX Laser 140-160	0,83		0,125		0,0208		0,0138	0,0069
	0,83		0,125		0,0208		0,0138	0,0069

3. Se realiza la distribución mensual de la cantidad de mantenimientos y reparaciones por tipos.

Para conocer la distribución mensual del total de actividades a ejecutar en el año por marca de tractor, se procede de manera similar a lo descrito en los puntos uno y dos, con la diferencia de que en vez de utilizar como datos iniciales los valores de la carga total de trabajo planificada anual para cada marca de tractor, se emplean los valores de la carga de trabajo en cada mes.

### Metodología para determinación de los índices de consumo de lubricantes

Las metodologías para determinación de los índices de consumo de lubricantes reflejan la relación existente entre el consumo total de cada tipo de lubricante (por concepto de cambios y rellenos) en el motor, la transmisión, el sistema hidráulico y la dirección con respecto a la producción acumulada del tractor o grupo de tractores (en litros de combustible u horas de trabajo) en un período determinado. Esta relación viene expresada mediante la siguiente expresión:

$$I_c = \frac{C_{t_l}}{C_{co}} * 100 \tag{7}$$

donde:

C<sub>t<sub>l</sub></sub>- Consumo total de lubricantes (incluye cambios y rellenos), L;

C<sub>co</sub> - Consumo total de combustible, L;

I<sub>c</sub> - Índice de consumo.

Estos índices se determinan en condiciones experimentales y señalan la cantidad de lubricante que consume un tractor (o grupos de tractores de una misma marca) por cada 100 litros de combustible consumido, por lo que si se conocen los valores

de estos índices, es posible calcular a partir de la expresión anterior la cantidad total de lubricante que se requiere para un volumen dado de combustible a consumir por un tractor (carga de trabajo planificada), o sea:

$$C_{t_l} = \frac{I_c * C_{co}}{100} \tag{8}$$

Calculado este valor, se pueden conocer entonces los consumos por conceptos de cambios y rellenos. En el caso específico de la cantidad de lubricantes por concepto de cambios periódicos, este se determina según la siguiente expresión:

$$C_{c_c} = \frac{C_{co}}{P_c} * V_t \tag{9}$$

donde:

C<sub>c<sub>c</sub></sub> - Consumo de lubricantes por concepto de cambios, L;

C<sub>co</sub> - Consumo total de combustible, L;

V<sub>t</sub> - volumen del depósito de lubricante, L;

P<sub>c</sub> - Periodicidad de cambio del lubricante, L (h).

Una vez determinado el consumo por concepto de cambios, se puede obtener entonces el consumo por concepto de rellenos estableciendo la diferencia entre el consumo total y el consumo por concepto de cambios, o sea:

$$C_{c_r} = C_{t_l} - C_{c_c} \tag{10}$$

Para el caso de las marcas de tractores nuevos o para aquellas que se desconoce el valor del índice de consumo de lubricante, el consumo total de lubricantes para un período dado se puede estimar a partir del indicador consumo horario de lubricante, el cual se calcula mediante la expresión propuesta por la American Society of Agricultural and Biological Engineers (2006):

$$Ch = [0.00021P+0.00573] \delta \tag{11}$$

$$Ch = [0.00059P+0.02169] \tag{12}$$

donde:

Ch- consumo horario de lubricante, L/h;

P- potencia nominal del motor en hp (kW).

Para realizar los cálculos mediante las expresiones anteriores debe tenerse en cuenta el factor de carga a que está sometido el motor durante su explotación, dado que en condiciones de campo estos no siempre trabajan a máxima carga. Para el caso particular de las condiciones de explotación de los tractores en Cuba, este factor de carga se encuentra entre un 45 – 60 % de la potencia nominal, según investigaciones realizadas<sup>14;15;16</sup>

Otro de los aspectos a considerar es la unidad de medida en que se expresa la carga de trabajo de los tractores. En el caso del sector agrícola de Cuba esta viene dada en litros de combustible, por tanto, para conocer su equivalente en horas es preciso utilizar como factor de conversión al indicador de consumo horario de combustible, según la marca de tractor de que se trate. Una vez realizada esta operación se puede conocer el volumen total de lubricante a consumir para un período dado por un tractor o grupos de tractores de una misma marca a partir de los resultados del cálculo del consumo horario de lubricantes según las ecuaciones (11) y (12). Los consumos por conceptos de cambios y rellenos se determinan tal y como

anteriormente se detalló.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Descripción y funcionamiento de la herramienta de trabajo diseñada

La hoja de trabajo está diseñada en correspondencia con los fundamentos teóricos y metodológicos expuestos anteriormente. Está compuesta por tres hojas principales de trabajo diseñada en formato EXCEL vinculadas entre sí, denominadas de la forma siguiente:

### Carga de trabajo planificada de las diferentes marcas de tractores y su total anual

En esta hoja aparecen identificadas las principales marcas de tractores en explotación en Cuba para que el usuario pueda seleccionar dentro de este grupo aquellas a las cuales se le planificarán las actividades técnicas. Una vez determinada la carga de trabajo planificada en cada mes y el total anual (en litros de combustible) para cada una de las marcas de tractores seleccionadas mediante el programa automatizado AnaExplo y el procedimiento desarrollado por Fernández, Lora (2012) y Shkiliova, el usuario puede introducir esta información en esta hoja, tal y como se muestra en la Figura 1.

Tractor, marca	Meses												Carga total de trabajo, Litros
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
YUMZ-6M													0
YUMZ-6M remotorizado													0
MTZ-80													0
MTZ-510													0
Belarus 892													0
Belarus 900													0
Belarus 1221													0
FOTON TD-904													0
K-700													0
KT3-150K													0
T-150K													0
DT-75													0
Massey Ferguson													0
John Deere													0
Valtra Valmet													0
New Holland TD Plus 90-90													0
New Holland Serie TM 7010-7040													0
Carga mensual de trabajo, L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total por tipo de MT/Rep.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 1. Distribución mensual de la carga de trabajo planificada de las diferentes marcas de tractores y su total anual.

### Cantidad total de mantenimientos y reparaciones por tipos y marca de tractor y volúmenes de lubricantes

La Figura 2 muestra el diseño de la segunda hoja de cálculo. La misma está habilitada, para cada una de las marcas de tractores identificadas en la Figura 1, de forma tal que el usuario pueda disponer de una información personalizada para cada marca de tractor. Para lograrlo, en cada celda se han introducido las formulas y las funciones correspondientes, según los

<sup>14</sup> CASTRO, G. P.: .Determinación del indicador de consumo de combustible horario de los tractores YUMZ-6M, MTZ-80 y MTZ 510. Informe de Pruebas. Ed. Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria (IIMA). La Habana, Cuba, 2001.

<sup>15</sup> VILATÓ, M. Informe de Pruebas de los tractores de potencia media. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. La Habana, 2014

<sup>16</sup> CASTRO, Y. Informe de Pruebas de los tractores de baja potencia. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. La Habana, 2014.

fundamentos teóricos y metodológicos expuestos con anterioridad y que posibilitan obtener la información relacionada con la cantidad total y tipos de mantenimientos y reparaciones a realizar anualmente y su distribución por meses, así como los volúmenes de lubricantes a reponer por concepto de cambios

y rellenos periódicos.

A modo de ejemplo, en la Figura 2 se muestran los resultados que aparecen en esta hoja de trabajo (para el caso específico de los tractores Belarus 892), una vez que se introduce la información primaria en la primera hoja del algoritmo (Figura 1).

Distribución por meses de la cantidad total de mantenimientos y reparaciones (por tipos)														
Mantenimiento/ Reparaciones	MESES												Total por tipo de MT o REP.	
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Maya	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
MT-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MT-1A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MT-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MT-2A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MT-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MT-3A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
RC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
RG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Total en el mes</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
Distribución por meses de los volúmenes de lubricantes (por tipos)														
Aceite motor	Cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Repleno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>							
Aceite transmisión	Cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Repleno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>							
Aceite hidráulico	Cambio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Repleno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>							

FIGURA 2. Distribución por meses de la cantidad total de mantenimientos y reparaciones por tipos y marca de tractor y la distribución de los volúmenes de lubricantes.

### Planificación anual de la cantidad de mantenimientos y reparaciones (por tipos) para la totalidad de las marcas de tractores y el volumen total de los productos lubricantes

La tercera hoja (Figura 3) resume la información contenida en la hoja principal de entrada de datos (Figura 1) y la correspondiente cada una de las hojas habilitadas para cada marca de tractor (según la Figura 2). En esta tercera hoja aparece reflejado lo siguiente:

- Carga de trabajo planificada por marca de tractor y para la totalidad del parque;
- Cantidad total de mantenimientos técnicos y reparaciones a ejecutar y su distribución por tipos, así como los volúmenes totales de lubricantes a consumir en los diferentes sistemas (por marca de tractor y para el total del parque).

Planificación anual de la cantidad de mantenimientos y reparaciones (por tipos) para las diferentes marca de tractores y el volumen de los productos lubricantes.																
Tractor, marca	Carga de trabajo (Q)	Cantidad total										Cantidad de productos lubricantes por concepto de cambios (litros)				
		n	n <sub>1</sub>	n <sub>1A</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>2A</sub>	n <sub>3</sub>	n <sub>3A</sub>	n <sub>RC</sub>	n <sub>RG</sub>	Aceite motor	Aceite de transmisión	Aceite Hidráulico			
KUM-SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KUM-SM remotorizado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTZ-80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTZ-90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belarus 892	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belarus 800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belarus 122Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ROTON TD-804	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K-700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTS-150K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T-150K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DT-75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Massey Ferguson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
John Deere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valtra Valmet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
New Holland TD Plus 60-80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
New Holland Serie TM 7020-7040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 3. Planificación anual de la cantidad de mantenimientos y reparaciones (por tipos) para la totalidad de las marcas de tractores y el volumen total de los productos lubricantes.

## CONCLUSIONES

- Con el diseño del algoritmo matemático para la planificación de los servicios técnicos de los tractores se da respuesta a la problemática relacionada con la planificación y organización de las actividades técnicas y los recursos necesarios para su cumplimiento en las Unidades Empresariales de Base Integrales de Servicios Técnicos del Minag
- Mediante el algoritmo matemático diseñado se logra interrelacionar mediante un proceso automatizado las metodologías específicas para la planificación de los mantenimientos técnicos y reparaciones de los tractores y la metodología para el cálculo de la demanda de los productos lubricantes mediante.
- Los resultados que se obtienen al aplicar el algoritmo matemático diseñado muestran su funcionalidad y cumple con los requerimientos tenidos en cuenta para su diseño. Con su empleo se agiliza el proceso de planificación de los mantenimientos técnicos y reparaciones de los tractores y la demanda de los productos lubricantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS: *Agricultural Machinery Management*, ASAE D497.5, 2006.
- AZOY, A.; M. FERNÁNDEZ.; L. SHKILIOVA: "Cálculo de indicadores de consumo de lubricantes en los tractores. Estudio de caso", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 2(1): 47-51, 2012.
- DAQUINTA, A.: *Mantenimiento y Reparación de la Maquinaria Agrícola*, 320pp., Ed. Félix Varela, ISBN 978-959-258-811-0, La Habana, Cuba, 2008.
- JELEZ, E.; M. FERNÁNDEZ; D. LORA; J. SUAREZ; R. SALVA y R. REY.: *Procedimientos para el funcionamiento de las UEB Empresariales de Servicios Técnicos*, Impresiones Minag, ISBN 978-959-285-007-1, La Habana, Cuba, 2009.
- FERNÁNDEZ, M.; D. LORA; N. YADIMA.: "Consumo de lubricantes de los tractores en explotación en una unidad de producción de la provincia La Habana". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 18(4): 17-20, 2009.
- FERNÁNDEZ, M.; L. SHKILIOVA; SUÁREZ, J.: *Libro Talleres y Asistencia Técnica*, 91pp., Ed. Impresiones Minag, ISBN 978-959-285-014-9, La Habana, Cuba, 2010.
- FERNÁNDEZ, M.; D. LORA; L. SHKILIOVA.: "Desarrollo y validación de un procedimiento metodológico para la planificación estratégica de los servicios de mantenimientos y reparaciones en las Unidades Empresariales de Base de Servicios Técnicos Municipales", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 3(1): 45-53, 2012.
- FERNÁNDEZ, M.; LORA, D.; SHKILIOVA, L.: "Análisis de las potencialidades de una unidad prestadora de servicios de mecanización y de asistencia técnica", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, V. 22(Especial): 77-80, 2013.
- FERNÁNDEZ, M.; LORA, D.; SHKILIOVA, L.: "La programación de la explotación de los medios mecanizados como soporte para la planificación de los mantenimientos de los tractores y el cálculo de la logística", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 2(2): 20-24, 2014.
- FERNÁNDEZ, M.; D. LORA; L. SHKILIOVA.: "La gestión en los talleres de mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola de Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 5(3): 53-56, 2015.
- GUSAPOV, V.: "Planificación de los mantenimientos técnicos y reparaciones de acuerdo a la curva típica de gasto de combustible". *Revista Técnica Sielskom Joziatsbe*, ISSN 0131-7105, 2: 34-36, URSS, 1981.
- SUAREZ, J.; A. RÍOS.: "Las Unidades Integrales de Servicios Técnicos de Maquinaria Agrícola", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 20(2): 15-19, 2011.
- ROSALES, L.; F. TORRES; L. SHKILIOVA; M. FERNANDEZ; R. CUN: "Diagnostico de los recursos de producción en un taller de atención a productores agropecuarios", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 6(1): 3-8, 2016.
- SOLDOVSKI, V.: "Calculo de la cantidad de trabajo necesario para el mantenimiento técnico de los tractores", *Mejanizatsiya y Elektrificatsiya Silskogo Joziaistva*, ISSN 0206-572X, 4: 43-44, URSS, 1983.
- SOTTO, P.; N. FUENTES; D. LORA; R. SALVA; M. WONG y M. BRIZUELA.: *Maquinaria Agrícola. Programación y control de su explotación*, Ed. AGRINFOR, ISBN 959-246-188-0, La Habana, Cuba, 2006.
- LORA, D.; SOTTO, P; BRIZUELA, M.: "Utilización del balance de maquinaria para el análisis económico comparativo de Tecnologías". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 15(1): 28-29, 2006.

Recibido: 10/10/2015.

Aprobado: 21/09/2016.

Manuel Fernández Sánchez, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba. Correo electrónico: [jdptomecan@iagric.cu](mailto:jdptomecan@iagric.cu)

Damián Lora Cabrera, Correo electrónico: [jdptomecan@iagric.cu](mailto:jdptomecan@iagric.cu)

Liudmila Shkiliova, Correo electrónico: [lshkiliova@utm.edu.ec](mailto:lshkiliova@utm.edu.ec)

Sarilena Ramos Díaz, Correo electrónico: [jdp@pri.minag.cu](mailto:jdp@pri.minag.cu)

Andy Azoy Capote, Correo electrónico: [dptomecan7@iagric.cu](mailto:dptomecan7@iagric.cu)

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