



<http://opn.to/a/5W6zV>

SOFTWARE

# LabraS Automated System for Planning Soil Tillage in Sugarcane

## *Sistema automatizado LabraS para la planificación de la labranza de suelo en caña de azúcar*

Dr.C. Yoel Betancourt Rodríguez<sup>1\*</sup>, Ing. Darién Alonso Camacho<sup>II</sup>, Ing. Andrés Bernardo González Morales<sup>II</sup>, Ing. Alberto Jesús la Rosa Agramonte<sup>II</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Villa Clara, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba.

<sup>II</sup> Grupo informático, Sagua La Grande, Villa Clara, Cuba.

**ABSTRACT.** Soil tillage requires an adequate planning to meet the requirements of plantation and cultural attention of sugarcane with opportunity, quality and environmental sustainability. The objective of this work is to present the characteristics of the automated system LabraS, designed for the planning of soil tillage in sugarcane. The technological processes of tillage considered were deforestation, leveling, soil preparation, planting, fertilization and post-harvest cultivation. The minimum management unit considered for the recommendations was the sugarcane block. The software was designed on a Windows platform, with easy installation and operation; it has a structure with five menus (Tools, Encoders, Reports, Recommendations and Processes) and three types of users (producer, INICA and administrator). The main reports include the distribution of soil limiting factors for tillage, technological charts by process, analysis of exploitation of machinery, planning of work, demand for inputs and requirements of herbicides for conditioning and preservation of areas in the preparation of soil and plantation, respectively. The validation of the software was carried out in the UEB Melanio Hernández, in a total area of 6430.76 ha, with satisfactory results in the tests of the algorithms, the procedures and expressions of calculations. The implementation of the automated system for the planning of soil tillage in AZCUBA was recommended.

**Keywords:** technological processes, software, plantation, technological chart.

**RESUMEN.** La labranza de suelo requiere de una adecuada planificación para cumplir los requerimientos en la plantación y las atenciones culturales de la caña de azúcar con oportunidad, calidad y sostenibilidad ambiental. Este trabajo tiene como objetivo presentar las características del sistema automatizado LabraS, diseñado para la planificación de la labranza de suelo en caña de azúcar. Los procesos tecnológicos de labranza considerados fueron la deforestación, la nivelación, la preparación de suelo, la plantación y la fertilización y cultivo post-cosecha. La unidad mínima de manejo considerada para las recomendaciones fue el bloque cañero. El software se diseñó sobre plataforma Windows, con fácil instalación y operación; tiene una estructura con cinco menús (Útiles, Codificadores, Informes, Recomendaciones y Procesos) y tres tipos de usuarios (productor, INICA y administrador). Los principales informes incluyen la distribución de los factores limitantes del suelo para la labranza, cartas tecnológicas por proceso, análisis de explotación de la maquinaria, planificación de labores, demanda de insumos y requerimientos de herbicidas para acondicionamiento y preservación de las áreas en la preparación de suelo y la plantación, respectivamente. La validación del software se realizó en la UEB Melanio Hernández, en un área total de 6430,76 ha, con resultados satisfactorios en las pruebas de los algoritmos, los procedimientos y expresiones de cálculos. Se recomendó la implementación del sistema automatizado para la planificación de la labranza de suelo en AZCUBA.

**Palabras clave:** procesos tecnológicos, software, plantación, carta tecnológica.

\*Author for correspondence: Yoel Betancourt Rodríguez, e-mail: yoel.betancourt@nauta.cu yoelbr15@gmail.com

Received: 01/25/2019.

Approved: 02/09/2019.

## INTRODUCTION

The decision making in agricultural mechanization is complicated by the high number of factors to be taken into account when planning a technological process in agriculture, but also, if the means to face it are heterogeneous in terms of the machinery park and the edaphoclimatic conditions for the cultivation of sugarcane, the situation reaches a greater degree of complexity.

The use of computer media has proven to be a very effective and efficient tool in decision making, where multiple variables intervene. It provides remarkable results in the reduction of execution time and in absorbing sudden changes providing immediate solutions (Sotto *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2014, 2014; De las Cuevas *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2015; Álvarez *et al.*, 2015).

To analyze the operation of the machinery specifically, the software ANAEXPLO, on Excel platform, was developed in the country, aimed at the analysis of the deficit-surplus of mechanized means in the service units of machinery (Sotto *et al.*, 2006). The achievement of maximum veracity, as referred by the author, depends on that the technology proposed for each crop, the aggregations and the correspondent indicators obey to the reality of the production, the concrete conditions of exploitation in each unit and the particularities derived from the type of soil.

However, if in the development of an application for the same purposes, the obtaining of technological charts is included, with the conception from the initial stage of the work of the machinery grouped in platoons, it is possible to obtain integral recommendations at the same stage. That includes the agronomy of the crop, the analysis of machinery exploitation and the demand of supplies, which reduces the time, allows achieving greater precision in the results and minimizing errors.

On the other hand, the work of tillage for the plantation of sugarcane and cultural attention to the crop should be planned in such a sense that meet the requirements with opportunity, quality and environmental sustainability. For that, it is essential to identify the properties of the environment to be transformed and its edaphic limitations, climatic conditions and available equipment (Betancourt *et al.*, 2015). In the productive practice of the country, this is not the case. The work is improperly planned, for example, a soil with problem of stoniness receives the same management as one that has little effective depth, or bad drainage.

It has brought unfavorable results in the plantation and development of sugarcane because a suitable plantation bed has not been established; likewise, soil degradation due to poor management is favored.

The rapid development of information technology, the need to improve soil tillage in AZCUBA\*, the experience of INICA\*\* in implementing scientific-technical services, with computer tools for decision-making (Arcia *et al.*, 2004) and the results of more than 40 years of research in tillage, may help improving the soil tillage planning for sugarcane production, by using an automated decision-making system.

## INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones en materia de mecanización agrícola resultacomplificada por el alto número de factores a tener en cuenta a la hora de planificar un proceso tecnológico en la agricultura, pero si además el medio a enfrentar es heterogéneo en cuanto al parque de maquinaria y las condiciones edafoclimáticas para el cultivo de la caña de azúcar, la situación alcanza mayor grado de complejidad.

El uso de los medios informáticos ha demostrado ser una herramienta muy efectiva y eficiente en la toma de decisiones donde intervienen múltiples variables con un resultado marcado en la disminución del tiempo de ejecución y en absorber cambios repentinos brindando soluciones inmediatas (Sotto *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2014, 2014; De las Cuevas *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2015; Álvarez *et al.*, 2015).

Para el análisis de la explotación de la maquinaria específicamente se desarrolló en el país, sobre plataforma Excel, el software ANAEXPLO, dirigido al análisis del déficit-superávit de los medios mecanizados en las unidades de servicio de maquinaria Sotto *et al.* (2006), el cual, según se ha referido por dicho autor, para lograr la máxima veracidad depende de que las tecnologías que se plantean por cultivos, las agregaciones y los indicadores que le correspondan, obedezcan a la realidad de la producción en las condiciones concretas de explotación de cada unidad, considerando las particularidades que se derivan del tipo de suelo.

Sin embargo, si en el desarrollo de una aplicación para los mismos fines se incluye la obtención de las cartas tecnológicas, con la concepción desde la etapa inicial del trabajo de la maquinaria agrupada en pelotones es posible obtener en una misma etapa recomendaciones integrales, es decir que incluyan la agronomía del cultivo, el análisis de explotación de la maquinaria y demanda de insumos, con lo que se reduce el tiempo, se logra mayor precisión en los resultados y se minimizan los errores.

Por otra parte, las labores de labranza para la plantación de la caña de azúcar y atenciones culturales al cultivo se deben planificar en tal sentido que cumplan los requerimientos con oportunidad, calidad y sostenibilidad ambiental, para lo cual es imprescindible identificar las propiedades del medio a transformar y sus limitaciones edáficas, las condiciones climáticas y el equipamiento disponible (Betancourt *et al.*, 2015). En la práctica productiva del país no sucede así, las labores se planifican de forma inadecuada-recibiendo, por ejemplo, el mismo manejo el sueloconproblema de pedregosidad y el que posee escasa profundidad efectiva, o con la presencia de mal drenaje, lo cual ha traído consigo resultados desfavorables en la plantación y desarrollo de la caña de azúcar por no conformarse un lecho de plantación adecuado; así mismo, se favorece la degradación del suelo por el mal manejo.

Si se toma en cuenta el rápido desarrollo de la informática y las comunicaciones, la necesidad de perfeccionar la labranza de suelo en el Grupo Empresarial Azucarero AZCUBA, la experiencia acumulada por el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) en la implementación de servicios científicos-técnicos, con sus respectivas herramientas informáticas para la toma de decisiones según Arcia *et al.* (2004) y los resultados de más de 40 años de investigaciones en la labranza es posible perfeccionar la planificación en ese campo en los suelos dedicados a caña de azúcar mediante el empleo de un sistema automatizado diseñado para la toma de decisiones.

The objective of this work is to show the main characteristics of the automated system LabraS developed for the decision making in the planning of soil tillage for sugarcane.

**METHODS**

Deforestation, leveling, soil preparation, planting, fertilization and post-harvest cultivation are the technological processes designed for planning through the automated system. The recommendations exclude everything related to the standards and dosage of the fertilizer as they corresponds to the Service for the Recommendation of Fertilizers and Amendments (SERFE) and the herbicides and their doses for belonging to the Integrated Weed Control Service (SERCIM).

The existing coders in AZCUBA Business Group were used. They were the identifier of Sugarcane Companies (EA), Base Business Units (UEB), Production Units (UPC) and the Blocks, which served to link with the Unique Database (BDU) and the rest of the scientific-technical services provided by INICA. A sugarcane block is the minimum management unit for issuing the recommendations.

Soil texture refers to the relative proportion of different groups of mineral particles in the soil (Cairo & Fundora, 2007)<sup>2</sup>. The coding used in the preparation algorithms of the plantation bed defined light, medium and heavy, according to the texture corresponding to the agro-productive groupings of soil for sugarcane established by INICA (Table 1).

El objetivo de este trabajo es mostrar el sistema automatizado LabraS desarrollado para la toma de decisiones en la planificación de la labranza de suelo para caña de azúcar.

**MÉTODOS**

La deforestación, nivelación, preparación de suelo, plantación y fertilización y cultivo post-cosecha son los procesos tecnológicos concebidos para la planificación mediante el sistema automatizado. En las recomendaciones se excluye todo lo relacionado con las normas y dosificación del fertilizante por corresponder al Servicio para la Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE) y los herbicidas y sus dosis por pertenecer al Servicio de Control Integral de Malezas (SERCIM).

Se utilizaron los codificadores existentes en el Grupo Empresarial de AZCUBA como el identificador de las Empresas Azucareras (EA), las Unidades Empresariales de Base (UEB), las Unidades de Producción (UPC) y los Bloques, los cuales sirvieron para la vinculación con la Base de Datos Única (BDU) y el resto de los servicios científicos-técnicos que presta el INICA. El bloque cañero es la unidad mínima de manejo para la emisión de las recomendaciones.

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de diferentes grupos de partículas minerales en el suelo (Cairo y Fundora, 2007)<sup>2</sup>. Para facilitar el manejo, la codificación utilizada en los algoritmos de preparación del lecho de plantación se definió como ligera, media y pesada; según la textura correspondiente a los agrupamientos agro-productivos de suelo para Caña de Azúcar establecido por el INICA (Tabla 1).

**TABLE 1. Agro-productive grouping of soils and their texture**  
**TABLA 1. Agrupamientos agro-productivos de suelos y su textura**

Agroproductive grouping	Texture
Calcium Ferrallitized	Light
Ferritized	Media
Quartzites Ferrallitized	
Calcium Fersialitized	
Calcium Sialitized	
Non-Calcium Sialitized	Heavy
Vertisols	
Calcium Gyalzados Sialitized	
Ferrallitized Gyalzados	
Alluvials	

Based on the limiting factors for mechanization proposed by Cairo & Fundora (2007) and Santana *et al.* (1999), effective depth, salinity, drainage, stoniness, slope and compaction were considered on the recommendation of technological indications. It was due to their high weight on technological changes in tillage and for being referred in the digital information of the map 1:25 000, used for evaluating soil physical aptitude by INICA. The characteristics of the information to be processed, the categories of the limiting factor that determine their presence or not in the conditions evaluated and the procedures to be applied were carried out according to the methodology proposed by Betancourt *et al.* (2011). It should be noted that the absence of any of these factors for this case gives rise to the soils without limitations for the mechanization of soil tillage.

A partir de los factores limitantes para la mecanización propuestos por Cairo y Fundora (2007) y Santana *et al.* (1999), se consideraron en la recomendación de las cartas tecnológicas la profundidad efectiva, salinidad, drenaje, rocosidad, pedregosidad, pendiente y la compactación por tener un alto peso en los cambios tecnológicos de labranza y por estar contenido en la información digital del mapa 1:25 000, utilizada para la evaluación de la aptitud física de los suelos por el INICA. Las características de la información a procesar, las categorías del factor limitante que determina la presencia o no en las condiciones evaluadas y los procedimientos a aplicar se realizó según la metodología propuesta por Betancourt *et al.* (2011). Se debe señalar que la no presencia de alguno de estos factores para este caso da lugar a los suelos sin limitaciones para la mecanización de la labranza de suelo.

The energy sources, the implements and the aggregates considered the inventory of tractors and implements of the Azucarero AZCUBA Group. Exploitation indices such as the performance per day (ha/day), fuel expense (L/ha) and cost (peso/ha) for work and types of maintenance per equipment brand were taken from the planning indicators established in AZCUBA.

The technological variants and their work in the alternatives per processes and the period between soil preparation tasks took into account the results of the soil tillage research of INICA and other institutions of the country (Gómez *et al.*, 1997; Santana *et al.*, 1999; Crespo *et al.*, 2013; Gutiérrez *et al.*, 2013 and Oliva *et al.*, 2014).

The herbicides and the doses recommended in the preparation of the area for the soil preparation and the preservation for the plantation were carried out prior coordination with the Expert Group of the Integrated Weed Control Service (SERCIM) of INICA.

The updating or modification of the coders of the system were due to the agreements reached in the meetings of the expert group from AZCUBA and INICA.

A methodology was established to request the data of the tillage processes to the sugarcane producer based on four models that identify the existing situation of the areas to be worked and the means of tillage (conformation of the squads, inventory of the equipment and actual days) (Pérez, 2018). They correspond to the information demanded by the software algorithms to recommend technological charts and selection of aggregates.

The operation analysis of the machinery was carried out using the expressions proposed by González & Tzucurov (1986) and González (1993).

The application was developed in a Microsoft Visual Studio 2013 Ultimate environment, the database was supported on Microsoft SQL Server Express Edition 2008 and Microsoft Report Viewer 2012 was used for the reports.

Three users were established: the producer with limited access to the system's coders and the conformation of technological alternatives (AT), INICA, as service coordinator in the territories with permissions to the coders, except the AT and the Administrator (the technologist) with free access.

The validation of the automated system was carried out in the UEB Melanio Hernández that belongs to Sancti Spiritus Sugar Company, using the information of the 2017-2018 campaign.

## RESULTS AND DISCUSSION

The software designed for the planning of the tillage processes was named "LabraS" and was created for the Windows platform. The installation was made with facilities to the user for having a package with the following content: LabraS-Setup.exe and Binaries. The execution of the LabraS-Setup.exe file is responsible for carrying out the entire process following a sequence of interactive instructions with the user. Table 2 presents the hardware requirements to perform the installation and successful execution of the application.

Las fuentes energéticas, los implementos y los agregados consideraron el inventario de tractores e implementos del Grupo Azucarero AZCUBA. Los índices de explotación como el rendimiento por jornada (ha/jornada), el gasto de combustible (L/ha) y el costo (pesos/ha) por labores y los tipos de mantenimientos por marca de equipo se tomaron de los indicadores de planificación establecidos en AZCUBA.

Las variantes tecnológicas y sus labores en las alternativas por procesos y el plazo entre labores de preparación de suelo tomaron en cuenta los resultados de las investigaciones de labranza de suelo del INICA y otras instituciones del país (Gómez *et al.*, 1997; Santana *et al.*, 1999; Crespo *et al.*, 2013; Gutiérrez *et al.*, 2013; Oliva *et al.*, 2014).

Los herbicidas y las dosis recomendadas en el acondicionamiento del área para la preparación de suelo y la preservación para la plantación se realizan previa coordinación con el Grupo de Expertos del Servicio de Control Integral de Malezas (SERCIM) del INICA.

La actualización o modificación de los codificadores propios del sistema obedecen a los acuerdos tomados en las reuniones del grupo de expertos de labranza de suelo conformado por especialistas de AZCUBA e INICA.

Se estableció una metodología para solicitar los datos de los procesos de labranza al productor cañero basada en cuatro modelos que identifican la situación existente de las áreas a laborar y de los medios de labranza (conformación de los pelotones, inventario de los equipos y días efectivos), los cuales fueron presentados por Pérez (2018), y se corresponden con la información demandada por los algoritmos del software para recomendar las cartas tecnológicas y selección de los agregados.

El análisis de explotación de la maquinaria se realizó mediante las expresiones propuestas por González y Tzucurov, 1986 y González (1993). La aplicación se desarrolló en un entorno de Microsoft Visual Studio 2013 Ultimate, la base de datos se soportó sobre Microsoft SQL Server Express Edition 2008 y para los reportes se utilizó el Microsoft Report Viewer 2012.

Se establecieron tres usuarios: el *Productor* con acceso limitado a los codificadores del sistema y a la conformación de alternativas tecnológicas (AT), el INICA comprendido por los coordinadores del servicio en los territorios con permisos a los codificadores exceptuando las AT y el *Administrador* (el tecnólogo) con libre acceso. La validación del sistema automatizado se realizó en la UEB Melanio Hernández, perteneciente a la Empresa Azucarera Sancti Spiritus, utilizando la información de la campaña 2017-2018.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El software diseñado para la planificación de los procesos de labranza se nombró "LabraS" y se creó para el sistema operativo Windows. La instalación se realiza con facilidades al usuario por disponer de un paquete con el siguiente contenido: *LabraS-Setup.exe* y *Binaries*. La ejecución del fichero *LabraS-Setup.exe* encarga de realizar el proceso completo siguiendo una secuencia de instrucciones interactivas con el usuario. La Tabla 2 presenta los requerimientos de hardware para realizar la instalación y ejecución satisfactoria de la aplicación.

**TABLE 2. Main hardware requirements for software installation**  
**TABLA 2. Requisitos principales de hardware para la instalación del software**

Parameters	Minimum Values	Recommended Values
CPU	1 GHz	Superior
Memory	512 MB	1 GB or higher
Disc space*		
• With the local database	2 GB	Unlimited
• With the database on another server	1 GB	Unlimited
Monitor resolution	800 X 600	1024 X 768 or higher
Windows Operating System	-	32 bit or 64 bit

The application for the producer does not require registration; however, to access the rest of the functionalities in the other users, the registration of the application is demanded, which is established for one year of work.

The software environment is shown in Figure 1. The main menus that make up the application are Processes, Recommendations, Reports, Encoders and Tools, located on the top or left side to facilitate interactivity with the user. The side menu is designed to be hidden, if the operator requires it.

La aplicación para el Productor no requiere registro; sin embargo, para acceder al resto de las funcionalidades en los otros usuarios demandan del registro de la aplicación, el cual se establece para un año de trabajo.

El entorno del software se muestra en la Figura 1. Los principales menús que componen la aplicación son: *Procesos, Recomendaciones, Informes, Codificadores y Útiles*, ubicados en la parte superior o lateral izquierdo para facilitarla interactividad con el usuario. El menú lateral está diseñado para ocultarse si así lo requiere el operario.



FIGURE 1. LabraS software environment.  
 FIGURA 1. Entorno del software LabraS.

The Processes menu is designed to capture the input data requested from the producer, such as the information on the five tillage processes, the organization of the squads, the inventory of equipment, among others (Table 3). Figures 2 and 3 show, as an example, the windows for the capture of the data of ground preparation and the squads conformation, respectively.

El menú Procesos está diseñado para capturar los datos de entrada solicitados al productor, como la información de los cinco procesos de labranza, la organización de los pelotones, el inventario de equipos, entre otros (Tabla 3).

Las Figuras 2 y 3 muestran como ejemplo las ventanas para la captura de los datos de preparación de suelo y de la conformación de los pelotones, respectivamente.

**TABLE 3. Description of the Processes menu options**  
**TABLA 3. Descripción de las opciones del menú Procesos**

Option	Description
Deforestation data	Area/Block/Type of vegetation/Date of execution
Basic leveling data	Area/Block/Terrain conditions/Execution date.
Soil preparation data	Area/Block/Soil limiting factor/Texture/Soil conditions/Smoothing requirements/Change of furrow/Predominant weeds/Date of execution/Planting time.
Planting data	Area/Block/Soil limiting factor/Irrigation/Workforce availability/Date of execution.
Fertilization and post-harvest tillage data	Area/Block/Soil limiting factor/Type of Harvest/Strain/Block population/Agricultural yield (t/ha)/Date of execution
Brigades or platoons	To conform the structure of the squads, aggregates and quantity, according to the technological process and their belonging.
Effective days	The total effective days per technological process per UEB
Inventory of energy sources (FE) and implements	FE and the implements that will participate in the tillage of soil according to their pertaining.
New machinery	Brands and models of energy sources and implements to recommend in the report of new machinery.

Bloque	Área (ha)	Alisado	Condiciones del Terreno	Cambio de Surquería	Fecha Inicio Preparación	Fecha de Plantación	Malezas Dicotiledóneas	Malezas monocotiledóneas
00101	20.420	<input type="checkbox"/>	Barbecho o Bajo ...	<input checked="" type="checkbox"/>	07/05/2018 2:00	15/07/2018 2:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
00105	21.000	<input type="checkbox"/>	Barbecho o Bajo ...	<input checked="" type="checkbox"/>	07/05/2018 2:00	03/06/2018 2:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
00107	15.000	<input type="checkbox"/>	Barbecho o Bajo ...	<input checked="" type="checkbox"/>	07/05/2018 2:00	05/07/2018 2:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
00108	31.430	<input type="checkbox"/>	Barbecho o Bajo ...	<input checked="" type="checkbox"/>	03/02/2018 1:00	06/05/2018 2:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
00109	33.940	<input type="checkbox"/>	Barbecho o Bajo ...	<input checked="" type="checkbox"/>	03/02/2018 1:00	15/05/2018 2:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
00111	29.350	<input type="checkbox"/>	Demolición	<input checked="" type="checkbox"/>	10/05/2018 2:00	09/08/2018 2:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
00113	16.920	<input type="checkbox"/>	Barbecho o Bajo ...	<input type="checkbox"/>	07/05/2018 2:00	05/07/2018 2:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**FIGURE 2.** Window to capture the current situation of the areas to prepare.  
**FIGURA 2.** Ventana para la captura de la situación actual de las áreas a preparar.

In general, the capture of information is mostly done through a drop-down list or with the so-called Check Box, as it is also known for its terminology in English, to minimize time and errors when entering information.

It is important to highlight that the accuracy of the information provided by the producer in the data determines the quality of recommendations per block.

En sentido general, la captura de la información se realiza en su mayoría mediante una lista desplegable o con la denominada caja de chequeo o Check Box, como también se conoce por su terminología en inglés, para minimizar el tiempo y los errores al ingresar la información.

Es importante destacar que la veracidad de la información brindada por el productor en los datos determina la calidad de las recomendaciones por bloque.

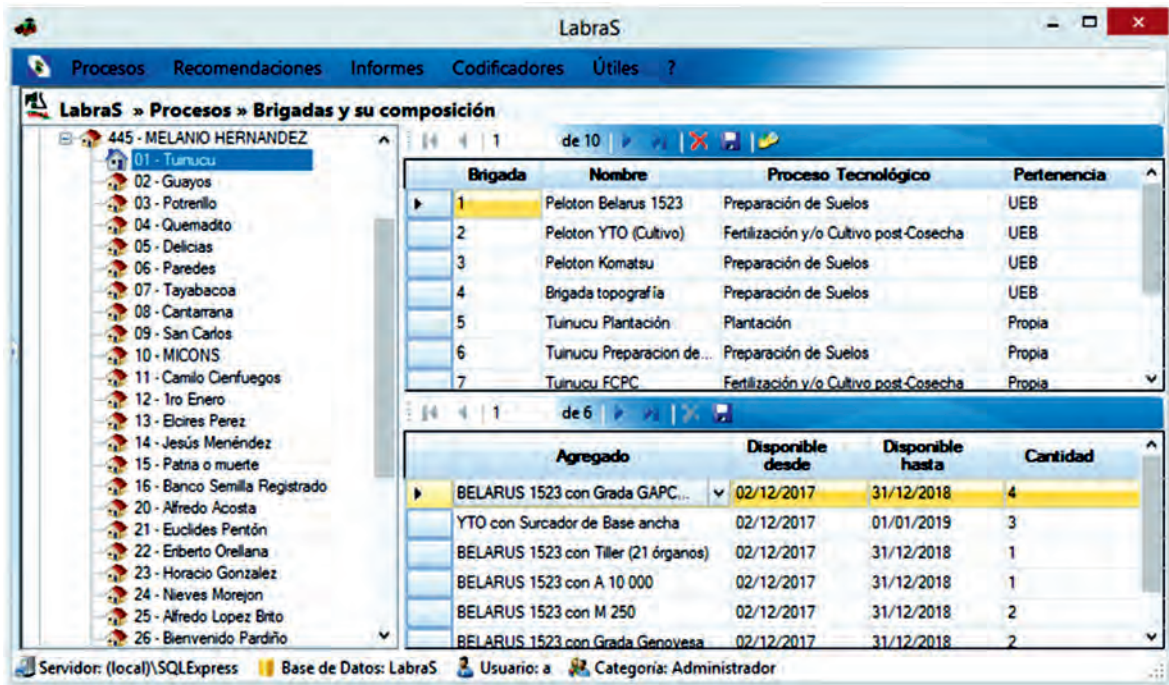


FIGURE 3. Window to capture the current situation of the squads.  
 FIGURA 3. Ventana para la captura de la situación actual de los pelotones.

The Recommendations menu has a single option Issue Recommendations that when executed displays a dialog box with two tabs, Recommendations and Errors (Figure 4)

El menú *Recomendaciones* tiene una sola opción *Emitir recomendaciones* que al ejecutarla muestra un cuadro de diálogo con dos fichas, *Recomendaciones* y *Errores* (Figura 4).

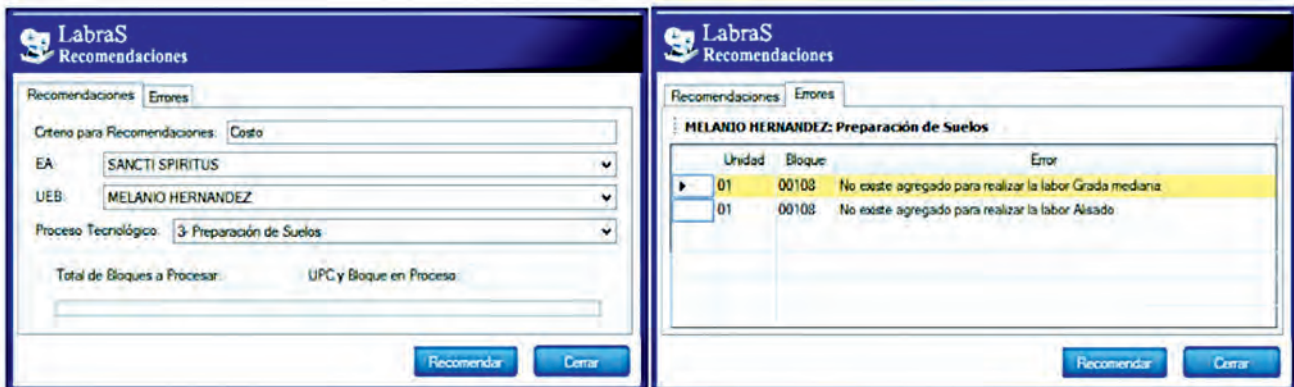


FIGURE 4. Recommendations menu, a) Recommendations card and b) Errors card.  
 FIGURA 4. Menú recomendaciones, a) Ficha recomendaciones y b) Ficha errores.

In the recommendations tab, the Sugar Company, the Business Unit and the Technological Process to which the recommendations will be issued are selected. While the information is processed, the total of blocks and the block in process are shown, which facilitates the identification of the block that shows some error in the captured data, if the recommendation for that cause is stopped. The second file presents the work that does not have a declared aggregate in the squads of the specified Unit and that prevents the completion of the technological card. This problem is solved by incorporating the aggregate in the brigade, which is located in the option Brigades or Platoons of the Processes menu.

En la ficha recomendaciones se seleccionan la Empresa Azucarera, la Unidad Empresarial y el Proceso tecnológico al que se le emitirán las recomendaciones. Mientras se procesa la información se muestra el total de bloques y el bloque en proceso, lo cual facilita la identificación del bloque que muestre algún error en los datos capturados si se detiene la recomendación por esa causa. La segunda ficha presenta la labor que no tienen agregado declarado en los pelotones de la Unidad especificada y que impide el completamiento de la carta tecnológica, dicho problema se soluciona incorporando el agregado en la brigada, la cual se localiza en la opción *Brigadas o pelotones* del menú *Procesos*.

The Reports menu includes all the recommendations regarding technological charts, analysis of the exploitation of machinery, supplies (filters, lubricating oils, greases, tires, belts, etc.), demand for herbicides for soil preparation, proposal of new machinery, among others. Table 4 presents the reports of limiting factors for mechanization and technological charts.

El menú *Informes* recoge todas las recomendaciones referentes a las cartas tecnológicas, análisis de explotación de la maquinaria, insumos (filtros, aceites lubricantes, grasas, neumáticos, correas, etc.), demanda de herbicidas para preparación de suelo, propuesta de nueva maquinaria, entre otros. En la Tabla 4 se presentan los informes de factores limitantes para la mecanización y las cartas tecnológicas.

**TABLE 4. Reports of the limiting factors for mechanization and technology charts**  
**TABLA 4. Informes de los factores limitantes para la mecanización y cartas tecnológicas**

Report	General description
Map of the most limiting factor for tillage	The map is generated in the MAPINFO software from the most limiting factor selected by the software.
Summary of the most limiting factor for tillage	It shows the area and the percentage of limiting factors at UPC, UEB and EA level, as selected by the user.
General recommendation per technological process	It defines the possible variants per technological alternatives. It is designed for the consultation of the software operator.
Appropriate recommendation per technological process	It presents the technological chart per management unit according to the selected technological process. It is the one given to the producer in the recommendations manual.
Ideal recommendation per technological process	It identifies the ideal variant per technological alternative whether or not there are aggregates in the platoon. It is designed to consult the software operator.
Summary per block	It presents the technological charts of all the processes to be carried out for the minimum management unit (the block) in a single report. It is delivered at the request of the client.

An example of a suitable recommendation for planting is shown in Figure 5.

Un ejemplo de recomendación adecuada para plantación se muestra en la Figura 5.

Bloque	Área (ha)	Alternativa Tecnológica	Variantes	Labores	Fecha de Inicio	Fecha de Terminación	Agregados	Norma (ha/jornada)	Gasto Combustible (L)	Costo (pesos)
01401	9.900	7-Plantación en suelos ondulados sin riego (secano) y fuerza de trabajo suficiente	Variante 1	Levantamiento topográfico	01/05/2018	07/05/2018	Camioneta con Kit de equipos de topografía	3.8	6.5	495.0
				Levantamiento del contorno	01/05/2018	07/05/2018	YTO 1604 con Digueadora	30.0	138.6	693.0
				Surcar	01/05/2018	07/05/2018	YTO con Surtador de Base ancha	11.5	111.9	662.7
				Cortar, transportar y distribuir semilla (manual)	01/05/2018	07/05/2018	1.41 (MTZ y YUMZ) con Doble carreta	1.6	148.5	54.5
				Fertilización caña planta	01/05/2018	07/05/2018	1.41 (MTZ y YUMZ) con Fertilizador F 350 (plantación)	6.0	49.5	277.2
				Tapar	01/05/2018	07/05/2018	1.41 (MTZ y YUMZ) con Tapador	10.0	104.0	148.5
<b>Total</b>				<b>6</b>					<b>559.0</b>	<b>2330.9</b>

FIGURE 5. Example of suitable recommendation for the planting process.  
FIGURA 5. Ejemplo de recomendación adecuada para el proceso de plantación.



The recommendation presents the tasks, the start and end dates, the aggregates and the main operating parameters for tasks depending on the area selected. It should be noticed that for the plantation the start dates coincide for all operations as it is the case in practice, but in processes such as soil preparation and post-harvest cultivation, this parameter includes the time between work established in the coder of the software and the one defined by the group of experts. In this way, it was demonstrated the possibility of obtaining in the same recommendation process, the technological chart for cultivation based on the technological process, which is based on the analysis of exploitation of the machinery and the demand for inputs.

Table 5 shows the reports related to the exploitation analysis and the demand for inputs.

En la recomendación se presentan las labores, las fechas de inicio y terminación, los agregados y los principales parámetros de explotación por labores en función del área realizada. Se debe señalar que para la plantación las fechas de inicio coinciden para todas las operaciones tal y como ocurre en la práctica, pero en procesos como la preparación de suelo y el cultivo post-cosecha este parámetro incluye el plazo entre labor establecida en el codificador del software y definida por el grupo de expertos. De esta forma queda demostrada la posibilidad de obtener en un mismo proceso de recomendación la carta tecnológica para el cultivo en función del proceso tecnológico, la cual se toma de base para el análisis de explotación de la maquinaria y la demanda de insumos.

En la Tabla 5 se muestran los informes relacionados con el análisis de explotación y la demanda de insumos.

**TABLE 5. Reports linked to the exploitation and demand of inputs analyses**  
**TABLA 5. Informes vinculados a los análisis de explotación y demanda de insumos**

Reports	General description
Squad Analysis	It determines the displacement and workload per months and year of the peloton. It is delivered at the request of the client.
Balance of energy sources and implements	It shows the balance in terms of deficit and excess of energy sources and implements separated from the UEB from the work specified in the technology charts.
General analysis	It presents four alternatives. 1. <i>Technical capacity to execute the tasks</i> , it evaluates the equipment deficit according to the recommended tasks. 2. <i>Annual distribution of work</i> , it frames the area and fuel for work per month. 3. <i>Annual use of the machinery</i> , it specifies, per equipment brand, the hours of work and the fuel consumed monthly and total in the year. 4. <i>Plan of sowing per month</i> that breaks down the area for the sowing of cane monthly, semi-annually and annually.
New machinery	It presents the proposal of new equipment to be introduced.
Herbicide demand	It shows the demand for herbicides for conditioning and preservation of the area at UPC, UEB and EA levels. It is delivered in the manual of recommendations to the producer.
Demand for inputs	It presents the demand for inputs such as filters, tires, etc. per quarter for the tillage campaign. It is delivered in the manual of recommendations to the producer.
Inventory Equipment	It relates the inventory of energy sources and implements used in the software to issue recommendations.

The description of the options on the Encoders menu is presented in Table 6. Those corresponding to Empresa, UEB and UPC coincide with those of the Unique Database of the Sugar Cane Research Institute and the rest are specific to the software.

La descripción de las opciones del menú *Codificadores* se presenta en la Tabla 6. Los correspondientes a Empresa, UEB y UPC coinciden con los de la Base de Datos Única del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar y los restantes son propios del software.

**TABLE 6. Description of the Encoders menu options**  
**TABLA 6. Descripción de las opciones del menú Codificadores**

Option	Description
Company	It shows the Sugar Companies.
UEB	It presents the UEB for the EAs.
Production units	It shows the UPCs according to the UEB and the selected EA.
Blocks	It relates the blocks of the selected UPC.
Technological alternatives	It allows the configuration of technological alternatives per technological processes.
Energy sources	It relates and configures the energetic sources of tillage
Implements	It relates and configures the implements.

Option	Description
Aggregates	It establishes tillage aggregates.
Work	It defines the tillage tasks and the aggregates with their exploitation rates to execute it, such as yield, fuel expense and cost. It allows establishing expert criteria for the selection of aggregates.
Inputs	It defines the general inputs used, such as oils, lubricants, filters, etc. and the general components of equipment such as the engine, speed box, differential, etc.
Term between labors	It defines the deadlines between labors per technological process.
Variants per technological alternatives	It defines the variants and their work per technological process. It allows to establish expert criteria for the selection
Herbicide for soil preparation	It specifies herbicides for conditioning and preservation of areas in soil preparation and doses
Inputs against equipment	It defines the capacity and period of changing of the inputs used for each component per equipment brand.
Select limiting factor	The limiting factors for machining are selected per minimum management unit (The block).
General data	The general encoders used by the software are shown, such as Technological processes, Limiting factors per process, Criteria for recommendation, among others. They are read only.

The Tools menu is designed primarily to facilitate the exchange of information with the environment, to provide security and to protect the information (Table 7).

The UEB Melanio Hernandez has an extension of 12,791.8 ha destined to the cultivation of sugarcane, distributed in 15 Cane Production Units. The validation tests of the software were carried out in a total area of 6,430.76 ha. They were performed in 1,717.35 ha for soil preparation and planting processes and in 4,713.41 ha for fertilization and post-harvest cultivation.

The results obtained were satisfactory. The functionality of the algorithms in the selection of the limiting factors for the mechanization of the soil tillage, the adequate selection of the technological alternatives per the characteristics of the block, the variants and their tasks according to the selected alternative and the availability of the equipment was demonstrated. It was also proved, the feasibility of the calculations from the expressions and procedures used in the balance of machinery for both tractors and implements, the planning of work, the demand of supplies for maintenance and soil preparation herbicides and the proposal of new equipment (Pérez, 2018; Álvarez, 2018).

It is important to note that the LabraS software in version 2.0.0 is registered by the National Copyright Center (CNDA) with the Registry 2124-07-2017 (Betancourt *et al.*, 2017).

El menú **Útiles** está diseñado principalmente para facilitar el intercambio de información con el entorno, proveer de seguridad y proteger la información (Tabla 7).

La UEB Melanio Hernández cuenta con una extensión de 12 791,8 ha destinadas al cultivo de la caña de azúcar, distribuidas en 15 Unidades Productoras de Caña. Las pruebas de validación del software se realizaron en un área total de 6430,76 ha, donde para los procesos de preparación de suelo y plantación se marcaron en 1717,35 ha y en el caso de la fertilización y cultivo post-cosecha en 4713,41 ha.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios. Se demostró la funcionalidad de los algoritmos en la selección de los factores limitantes para la mecanización de la labranza de suelo, la selección adecuada de las alternativas tecnológica por las características del bloque, las variantes y sus labores según la alternativa seleccionada y la disponibilidad de los equipos. Así mismo, la factibilidad de los cálculos a partir de las expresiones y los procedimientos utilizados en el balance de maquinaria tanto para tractores como para implementos, la planificación de las labores, la demanda de insumos para el mantenimiento y de los herbicidas de preparación de suelo y la propuesta de nuevos equipos (Pérez, 2018; Álvarez, 2018).

Es importante señalar que el software LabraS en la versión 2.0.0 está registrado por el Centro Nacional de Derecho de Autor (CNDA) con el Registro 2124-07-2017 (Betancourt *et al.*, 2017).

**Table 7. Description of the Tools menu options**  
**Tabla 7. Descripción de las opciones del menú Útiles**

Option	Description
Configuration	It sets the operation index for the selection of aggregates and the year of work. It also defines the center that will issue the recommendations to be shown on the cover
Users	It defines the users that operate the software.
Change password	It facilitates the change of password depending on the user.

Option	Description
Import information	It provides the import of the system encoders, the single database and producer encoders.
Export information	It facilitates the export of system encoders and producer coders.
Import map of the limiting factor	It allows the import of the map generated in MAPINFO with the representation at the UEB level of the limiting factors
Save database	It facilitates the realization of the system's security copy.
DatabaseUtilities	It allows access to delete data, restore a backup or delete the database by running complementary software.
Register LabraS	It facilitates the registration of the application to move from roll of producer to INICA or administrator.
Finish	It closes the application.

## CONCLUSIONS

- LabraS software for tillage planning was designed on a Windows platform, with easy installation and operation; a structure with five menus (Tools, Encoders, Reports, Recommendations and Processes) and three user roles (producer, INICA and the administrator).
- The main reports include distribution of soil limiting factors for tillage, technology charts for technological processes, analysis of machinery exploitation and demand for inputs.
- Validation of LabraS software in UEB Melanio Hernández provided satisfactory results in the testing of algorithms, procedures and calculation expressions.

## CONCLUSIONES

- El software LabraS para la planificación de la labranza se diseñó sobre el sistema operativo Windows, con fácil instalación y operación; una estructura con cinco menús (Útiles, Codificadores, Informes, Recomendaciones y Procesos) y tres roles de usuarios (productor, INICA y el administrador).
- Los principales informes incluyen distribución de los factores limitantes del suelo para la labranza, cartas tecnológicas por procesos tecnológicos, análisis de explotación de la maquinaria y demanda de insumos.
- La validación del software LabraS en la UEB Melanio Hernández brindó resultados satisfactorios en la prueba de los algoritmos, los procedimientos y expresiones de cálculos, factible de aplicar en esta UEB y en otras del país.

## REFERENCES / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, E.; ÁLVAREZ, J.E.; FLEITAS, S.: ““Frecal”, herramienta para el cálculo de las fuentes energéticas”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(3): 57-62, 2015, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- ÁLVAREZ, L.: *Implementación del Sistema Automatizado LabraS en la toma de decisiones para la preparación de suelo en caña de azúcar*, Universidad Central “Marta Abreu” de la Villas, Eng. Thesis, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 60 p., 2018.
- ARCIA, J.; MACHADO, I.; VALENCIA, A.; VALDÉS, A.; SEGRERA, S.; MATOS, J.; MARÍN, R.: “Productos informáticos para la ayuda a la toma de decisiones en la agricultura cañera”, *Revista Cuba & Caña*, 2 y 3: 3-8, 2004, ISSN: 1028-6527.
- BETANCOURT, R.Y.; ALONSO, D.; BERNARDO, A.; LA ROSA, A.J.: *Software LabraS*, no. 2124-07-2017, Inst. Centro Nacional de Derecho de Autor (CNDA), La Habana, Cuba, 5 de julio de 2017.
- BETANCOURT, R.Y.; RAMOS, L.; VELARDE, E.; CARMENATE, Y.; BECERRA, E.: *Organización de un Servicio de Labranza en la agricultura cañera. Informe final de proyecto del INICA*, Inst. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), La Habana, Cuba, 23 p., 2011.
- BETANCOURT, Y.; SOCARRAS, D.; GUILLEN, S.; BOU, L.; RIVERA, O.; JEREZ, J.; FERREIRA, R.; GONZÁLEZ, J.C.: “Manual técnico para el jefe de pelotón de preparación de suelo”, *Revista Cuba & Caña, Suplemento especial (1)*, 61, 2015.
- CAIRO, P.; FUNDORA, O.: *Edafología Primera Parte*, Ed. Félix Varela, cuarta ed., La Habana, Cuba, 265 p., 2007.
- CRESPO, F.R.; PÉREZ, H.I.; RODRÍGUEZ, I.; GARCÍA, I.: “Manejo sostenible de tierras en la producción de Caña de Azúcar”, En: *Agro-nomía*, Ed. AMA, 1ra. ed., La Habana, Cuba, pp. 119-146, 2013.
- DE LAS CUEVAS, M.H.R.; GÓMEZ, R.I.; DÍAZ, A.M.; FERNÁNDEZ DE CASTRO, F.A.; PANEQUE, R.P.: “Sistema automatizado para la determinación de las condiciones de ensayo en los conjuntos agrícolas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2): 61-67, 2015, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- GÓMEZ, A.; VELARDE, E.; CÓRDOBA, R.: “Nuevas soluciones para la preparación de suelos en Cuba”, *Revista Cuba & caña*, 2(3), 1997, ISSN: 1028-6527.
- GONZÁLEZ, R.: *Explotación del parque de maquinaria*, Ed. Félix Varela, La Habana, Cuba, 1993, ISBN: 959-07-0028-4.
- GONZÁLEZ, V.R.; TZUCUROV, A.: *Explotación del parque de maquinaria*, Ed. Ministerio de Educación Superior, ENPES ed., La Habana, Cuba, 497 p., 1986.
- GUTIÉRREZ, A.; DÍAZ, F.; VIDAL, L.; RODRÍGUEZ, I.; PINEDA, E.; BETANCOURT, Y.; GÓMEZ, J.: “Manual de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de la caña de azúcar en los suelos arcillosos pesados con regadío superficial”, *Revista Cuba & Caña.(D) RNPS*,

1(Suplemento Especial): 1-15, 2013, ISSN: 1028-6527.

MARTÍNEZ, L.Y.; GARCÍA, M.M.; BELLO, R.; FALCÓN, (R.; CABRERA, X.: “Sistema experto para el tratamiento de aguas residuales (SECTRARES)”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(3): 51-55, 2014, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.

OLIVA, L.; GALLEGO, R.; FERNÁNDEZ, G.; RUBÉN, H.: *Fomento y reposición. Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar*, Ed. AMA, 2da ed., La Habana, Cuba, 79-106 p., 2014, ISBN: 978-959-300-036-9.

PEREIRA, M.C.A.; PÉREZ, M.A.; MARÍN, D.D.; GONZÁLEZ, C.O.: “ExploMq, software para la evaluación energética y económica de la maquinaria agrícola”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1): 72-76, 2015, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.

PÉREZ, S.D.: *Planificación de la labranza de suelo en caña de azúcar mediante el sistema automatizado LabraS*, Universidad Central “Marta Abreu” de la Villas, MSc. Thesis, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 75 p., 2018.

SANTANA, M.; FUENTES, J.; BENÍTEZ, L.; COCA, J.; CÓRDOBA, R.; HERNÁNDEZ, S.; ARCIA, J.; HERNÁNDEZ, J.; HERNÁNDEZ, I.; SOCARRÁS, D.: *Principios Básicos para la aplicación de tecnologías de preparación de suelos en el marco de una agricultura conservacionista y sostenible*, 77pp, Inst. Ed. INICA-MINAZ-IIMA-CNCA, La Habana, Cuba, 77 p., 1999.

SOTTO, B.P.D.; BRISUELA, M.; LORA, D.: “Aplicabilidad del software ANAEXPLO para la realización del balance en las unidades agrarias de servicio de maquinaria”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(2): 33-36, 2006, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.

*Yoel Betancourt Rodríguez*, Investigador Titular, Profesor Auxiliar. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Villa Clara (ETICA- Centro Villa Clara). Autopista nacional Km 246, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba, e-mail: [yoel.betancourt@nauta.cu](mailto:yoel.betancourt@nauta.cu); [yoelbr15@gmail.com](mailto:yoelbr15@gmail.com)

*Darién Alonso Camacho*, Ingeniero en Ciencias Informáticas, Especialista. Grupo informático, Sagua La Grande, Villa Clara, Cuba, e-mail: [darienalonso@gmail.com](mailto:darienalonso@gmail.com)

*Andrés Bernardo González Morales*, Ingeniero en Ciencias Informáticas, Especialista. Grupo informático, Sagua La Grande, Villa Clara, Cuba, e-mail: [ab-morales2006@gmail.com](mailto:ab-morales2006@gmail.com)

*Alberto Jesús la Rosa Agramonte*, Ingeniero en Ciencias Informáticas, Especialista. Grupo informático, Sagua La Grande, Villa Clara, Cuba, e-mail: [alberto-jesuslarosaagramonte@gmail.com](mailto:alberto-jesuslarosaagramonte@gmail.com)

The authors of this work declare no conflict of interests.

This item is under license Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.

