



AGRICULTURA DE PRECISIÓN
PRECISION FARMING



<https://revistas.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/1545>

ORIGINAL ARTICLE | ARTÍCULO ORIGINAL

Intervention in Case IH A8000 Sugarcane Harvesters of Sugar Mill in Villa Clara, Cuba

Intervención en las cosechadoras Case IH A8000 de ingenio azucarero en Villa Clara, Cuba

MSc. Carlos A. Pérez-García^I, Ing. Alexander Rodríguez-Conte^I, Dr.C. Luis Hernández-Santana^I,

Dr.C. Miguel A. Rodríguez-Orozco^{II}, Dr.C. Rafael Cruz-Iglesias^{III}, Dr.C. José Luis Capote-Fernández^{III}

^I Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Control Automático, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

^{II} Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ingeniería Agrícola, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

^{III} Unidad Científico Técnica GEOCUBA Investigación y Consultoría, Cuba.

ABSTRACT. Increasing the productive yields of arable areas is one of the main tasks of researchers in the field. In this sense, agricultural machinery has been the object of application of existing technological development in areas such as positioning systems, integrated circuits, onboard computers, among others. For this reason, this type of machinery has now become one of the most important sources of information for the management of agricultural practices; the visualization, analysis, and storage of the high volume of information generated require the use of computational tools. Geographic Information Systems (GIS) are the most widespread platforms for the management of data exported by Advanced Farming System (AFS) agricultural machinery. The present work shows some of the potentialities of the use of AFS systems in Case IH A8000 sugarcane harvesters of “Héctor Rodríguez” Sugar Mill in Villa Clara Province. To this end, the SMS Advanced software is used to create maps and reports of the operations carried out by the sugar cane harvesters during their agricultural activities and a brief analysis of them is made. Finally, the feasibility of publishing the harvest data in the company’s Spatial Data Infrastructure (AZCUBA’s SDI) is shown.

Keywords: Advanced Farming System, Yield Data, Integrated Circuit.

RESUMEN. Incrementar los rendimientos productivos de las áreas cultivables constituye una de las principales tareas de los investigadores del ramo. En este sentido, las maquinarias agrícolas han sido objeto de aplicación del desarrollo tecnológico existente en áreas como los sistemas de posicionamiento, los circuitos integrados, los computadores de a bordo, entre otros. Por esta razón, las maquinarias de este tipo se han convertido actualmente en una de las más importantes fuentes de información para la gestión de prácticas agrícolas; la visualización, análisis y almacenamiento del elevado volumen de información generado requiere el uso de herramientas computacionales. Los Sistemas de Información Geográficas (SIG) constituyen las plataformas más difundidas para la gestión de los datos exportados por las maquinarias agrícolas con Sistema Avanzado de Cultivo (AFS, por sus siglas en inglés). El presente trabajo, exhibe algunas de las potencialidades del empleo de los sistemas AFS en cosechadoras cañeras Case IH A8000 del Central Azucarero Héctor Rodríguez de la provincia de Villa Clara. Con ese fin, se emplea el software *SMS Advanced* para la creación de los mapas e informes de las operaciones realizadas por las combinadas cañeras durante sus actividades agrícolas, se realiza un breve análisis de los mismo, por último, se muestra la factibilidad de publicar los datos de cosecha en la Infraestructura de Datos Espaciales de la empresa (IDE de AZCUBA).

Palabras clave: Sistema Avanzado de Cultivo, datos de cosecha, circuito integrado.

^I Autor para correspondencia: Carlos A. Pérez-García, e-mail: capgarcia@uclv.cu, cpgarcia518@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4781-6771>

Recibido: 02/02/2021.

Aprobado: 12/11/2021.

INTRODUCTION

The rational and sustainable use of cultivable areas constitutes one of the premises for developing countries. In this sense, agriculture has been the object of application of advanced technologies in the area of Positioning Systems, Integrated Circuits, on-board computers, among others. The use of these technologies allows obtaining a greater level of detail of the cultivable areas, which makes possible the establishment of new forms of management of plots based on the real needs of the crop.

Agricultural machinery is also continuously developed and is now one of the most important sources of information for data collection in the field (Heege, 2013). Cuba has allocated considerable resources to modernizing the technological equipment of strategic sectors of the economy; such is the case of the import of advanced agricultural machinery for the mechanized harvest of sugar cane (Gradaille-Daquina *et al.*, 2014). As part of the National Program for Automatic Science, Technology and Innovation, Robotics and Artificial Intelligence (ARIA + CAÑA) and its project “Automatic, robotics and artificial intelligence tools to increase the efficiency of sugarcane production” with the participation of the AZCUBA Sugar Company of Villa Clara, the Central University “Marta Abreu” of Las Villas (UCLV), the GEOCUBA Research and Consulting Technical Scientific Unit, and the Territorial Research Station of the Sugar Cane (ETICA) of Villa Clara, carried out an intervention on several Case IH A8800 sugarcane harvesters belonging to the “Héctor Rodríguez” Sugar Mill in Sagua la Grande Municipality.

The high efficiency rates of the Case IH are supported by an automated system made up of various sensors, actuators, control modules and, as the main interface with the operator, an on-board computer, also known as a performance monitor (Tumenjargal *et al.*, 2017). This integrates the functionalities of supervising certain subsystems of the combine, as well as configuring the benefits of the Advanced Crop System (AFS), among which are: speed control, location based on the System Global Navigation Satellite (GNSS) and harvest data log (Pérez-García *et al.*, 2018). In the case of the A8000 series combines, the present performance monitor is the AFS Pro 700; which is the result of the evolution of other monitors previously used by the manufacturers of this firm (López-Sandin & Herrero-Bello, 2018). From the correct configuration of it and its associated devices, it is possible to record important operating parameters of the machinery that allow, among others, to evaluate operations in the field.

In this report, the main results of the intervention in the harvesters under study are shown within the framework of the project that allows validating the efficiency of the collection system and the processing of the data obtained by the performance monitor, through the SMS Advanced software (Ag Leader Technology, 2021). In addition, the training tasks carried out for the management of harvest data to the personnel of “Héctor Rodríguez” Sugar Mill and its publication in the

INTRODUCCIÓN

El uso racional y sostenible de las áreas cultivables constituye una de las premisas para países en vías de desarrollo. En este sentido, la agricultura ha sido objeto de aplicación de tecnologías de avanzada en el área de Sistemas de Posicionamiento, los Circuitos Integrados, los computadores de a bordo, entre otras. El empleo de estas tecnologías permite obtener mayor nivel de detalle de las áreas cultivables, lo que viabiliza el establecimiento de nuevas formas de gestión de parcelas sobre la base de las necesidades reales del cultivo.

La maquinaria agrícola también se desarrolla continuamente y ahora es una de las fuentes de información más importantes para la recopilación de datos en el campo (Heege, 2013). Cuba ha destinado cuantiosos recursos en la modernización del equipamiento tecnológico de sectores estratégico de la economía; tal es el caso de la importación de maquinaria agrícola de avanzada para la cosecha mecanizada de la caña de azúcar (Gradaille-Daquina *et al.*, 2014). Como parte del Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Automática, Robótica e Inteligencia Artificial (ARIA+CAÑA) y de su proyecto “Herramientas de automática, robótica e inteligencia artificial para incrementar la eficiencia de la producción de caña de azúcar” con participación de la Empresa Azucarera AZCUBA de Villa Clara, la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), la Unidad Científica Técnica GEOCUBA Investigación y Consultoría, y la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) de Villa Clara, se realizó una intervención en varias cosechadoras cañeras Case IH A8800 pertenecientes al Central Azucarero Héctor Rodríguez del municipio de Sagua la Grande.

Los elevados índices de eficiencia de las Case IH, se encuentran respaldados por un sistema automatizado compuesto por diversos sensores, actuadores, módulos de control y como principal interfaz con el operador un computador de a bordo, también conocido como monitor de rendimiento (Tumenjargal *et al.*, 2017). Este integra las funcionalidades de supervisar determinados subsistemas de la cosechadora, así como configurar las prestaciones del Sistema Avanzado de Cultivo (AFS, por sus siglas en inglés), entre las que se encuentra: el control de velocidad, la localización sobre la base del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS, por sus siglas en inglés) y el registro de datos de cosecha (Pérez-García *et al.*, 2018). Para el caso de las cosechadoras de la serie A8000, el monitor de rendimiento presente es el AFS Pro 700; el cual es el resultado de la evolución de otros monitores previamente empleados por los fabricantes de esta firma (López-Sandin y Herrero-Bello, 2018). A partir de la correcta configuración del mismo y sus dispositivos asociados, es posible registrar importantes parámetros de funcionamiento de la maquinaria que permiten entre otros, evaluar las operaciones en el campo.

En el presente informe, se exhiben los principales resultados de la intervención en las cosechadoras objeto de estudio, en el marco del proyecto que permite validar la eficacia del sistema de recolección y el procesamiento de los datos obtenidos por el monitor de rendimiento, a través el software *SMS Advanced* (Ag Leader Technology, 2021). Además, se describen las labores de capacitación realizadas para la gestión de los datos de cosecha al personal del Central Azucarero Héctor Rodríguez y su publicación en la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) desarrollada para

Spatial Data Infrastructure (IDE) developed for AZCUBA from a research and development project are described. As part of the training carried out to the company's personnel, some analyses of interest are carried out. They were trained in the use of SMS and potential solutions are proposed based on remote sensing to detected problems. Finally, a series of final considerations and recommendations are given for the system execution effectiveness.

MATERIALS AND METHODS

Study Areas

For the study, brigade number 6 of said entity that worked at UBPC Monte Lucas was selected. This brigade has a new technology equipment park consisting of three Case IH Austoft 8800 (A8800) sugarcane harvesters and six YTO 1604 moving tractors. The work area took place specifically in fields 9-10 and 1-10 of the blocks 1325 and 1326, respectively, which is located between the coordinates 22.818942 - 22.828478 of north latitude and 80.017433 - 79.991977 of west longitude (Figure 1)

AZCUBA a partir de un proyecto de investigación y desarrollo. Como parte del entrenamiento realizado al personal de la empresa, se realizan algunos análisis de interés, se capacitaron en el uso de SMS y se plantean potenciales soluciones sobre la base del sensado remoto a problemáticas detectadas. Por último, se dan una serie de consideraciones y recomendaciones finales para la efectividad de ejecución del sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Áreas de Estudio

Para el estudio, se seleccionó el pelotón número 6 de dicha entidad que laboraba en la UBPC Monte Lucas. Este pelotón cuenta con un parque de equipos de nueva tecnología integrado por tres cosechadoras cañeras Case IH Austoft 8800 (A8800) y seis tractores movedores YTO 1604. El área de trabajo tuvo lugar específicamente en los campos 9-10 y 1-10 de los bloques 1325 y 1326, respectivamente que se encuentra situada entre las coordenadas 22.818942 - 22.828478 de latitud norte y 80.017433 - 79.991977 de longitud oeste (Figura 1).

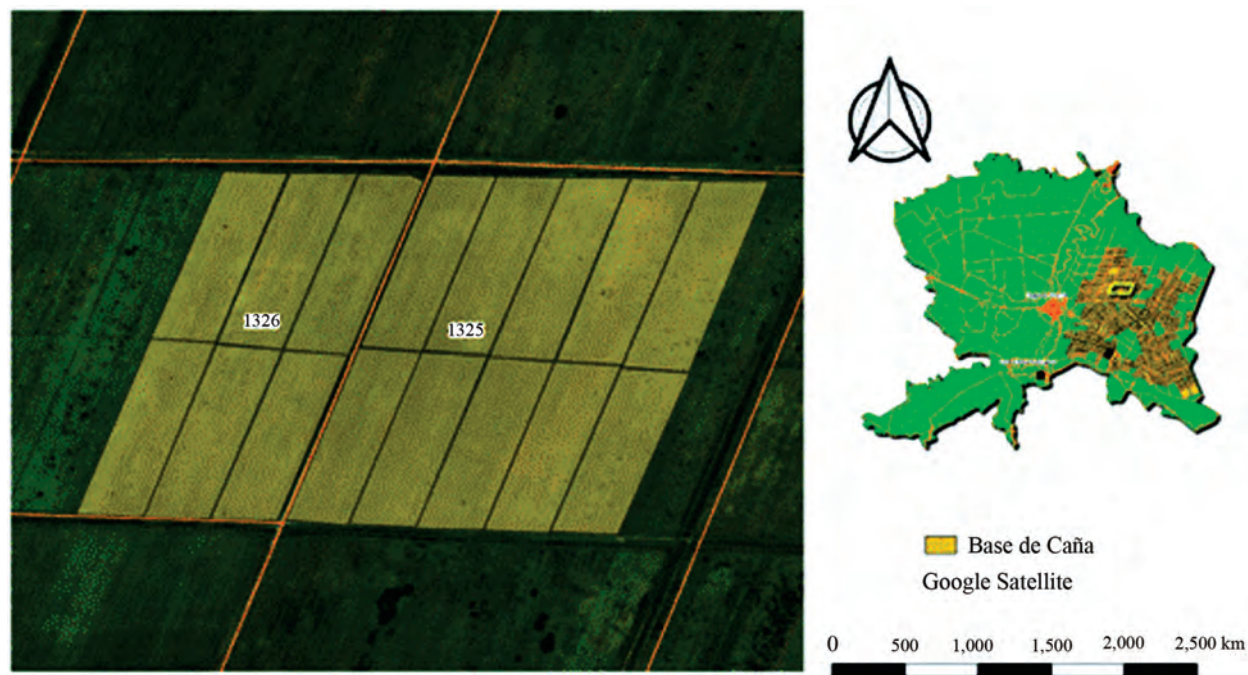


FIGURE 1. Location of the study area.
FIGURA 1. Ubicación del área de estudio.

Work Methodology

The in-depth exploitation of the advanced agriculture functionalities present in the Case IH A8000 combines, starts from the correct configuration of the yield monitor and the positioning receiver present on the machine. This allows the periodic recording of variables of interest for the operation of the machine and the estimation of exploitation rates. Thus, measurements were collected like pressure of the base cutter, revolutions per minute of the primary and secondary extractors, the speed of advance, the working time, among others. To carry out this task, a field work was

Metodología de Trabajo

La explotación a fondo de las funcionalidades de agricultura avanzada presente en las cosechadoras Case IH A8000, parte de la correcta configuración del monitor de rendimiento y el receptor de posicionamiento presente en la máquina. Ello permite el registro periódico de variables de interés para el funcionamiento de la máquina y la estimación de índices de explotación. Así se tienen las mediciones de: presión del cortador base, revoluciones por minutos de los extractores primarios y secundarios, la velocidad de avance, el tiempo de trabajo, entre otros. Para llevar a cabo esta tarea, se realizó un trabajo de campo, donde se explicó al

carried out, where the central staff was explained how to configure the AFS 700 monitors following the methodology proposed by Pérez (2016).

With the objective of strategic planning that contributes to sustainable development, AZUCUBA Business Group carried out an administrative structure of its cultivation areas divided according to physical fitness in Lot, Block and Field (Becerras *et al.*, 2008). This information, managed by the land-use planning specialist of the sugar mill, has a spatial component that represents, from georeferenced polygons, the location of each plot (Benítez-Puig *et al.*, 2018) el conocimiento de los factores edáficos limitantes, la cartografía de las unidades de producción, la correcta ubicación de las plantaciones y la toma de apropiadas medidas de manejo. Este procedimiento se desarrolló a partir de un amplio estudio que comenzó con la evaluación de las tierras. El catastro cañero fue actualizado y para manejar la base cartográfica se utilizó el Sistema de Información Geográfica MapInfo 8.0, con información primaria gráfica y de atributos para la creación de diferentes capas, que permitieron obtener un conocimiento integrado, emitir recomendaciones de manejo adecuadas y la representación geográfica de los resultados. La clasificación cuantitativa y los datos de rendimientos para evaluar los suelos, permitieron determinar el potencial agroproductivo. Las tierras de mayor aptitud fueron destinadas para caña (86%). In this context, company personnel were trained in the configuration required to import the work area zoning into the combine's performance monitor. The added value of this service consists of linking, in an automated way, the exported variables of the machinery with the administrative structure of the crop areas. Once this information is imported, the combine will detect the lot, block and field in which it is located, according to the information of its positioning.

A combine harvester in one shift can generate between 7,000 and 8,000 georeferenced data, which is roughly equivalent to 200,000 data per month. If this value is multiplied by the number of harvesters managed by AZCUBA and by the harvest months, the handling of this large volume of data constitutes a BigData problem.

To manage the harvest data exported by SMS from the IDE, a platform based on geospatial BigData technologies was used for the storage, processing and publication of vector data using Apache Hadoop, Apache Spark and Accumulo-GeoMesa (Capote-Fernández & Cruz-Iglesias, 2020). A web application was developed (<https://movilweb.geocuba.cu/azcuba>) that is part of the workflow during the processing of machinery information for publication in the IDE, to upload the exported files to a service that processes and inserts them into the platform. The data inserted in the BigData cluster is published through a map service based on Geoserver-GeoMesa, which by using a Web Map Services (WMS) interface (De la Beaujardiere, 2003) integrates harmoniously into the Generic IDE viewer. As part of the process, a metadata is created for each data package, with general information and the temporal and spatial extent.

personal del central, la forma de configurar los monitores AFS 700 siguiendo la metodología planteada en Pérez (2016).

Con el objetivo de la planificación estratégica que contribuya al desarrollo sostenible, el Grupo Empresarial AZUCUBA realizó un estructura administrativa de sus áreas de cultivo divididas, según aptitud física en Lote, Bloque y Campo (Becerras *et al.*, 2008). Esta información, gestionada por el especialista de ordenamiento territorial del central, posee una componente espacial que representa a partir de polígonos georreferenciados, la ubicación de cada parcela (Benítez-Puig *et al.*, 2018) el conocimiento de los factores edáficos limitantes, la cartografía de las unidades de producción, la correcta ubicación de las plantaciones y la toma de apropiadas medidas de manejo. Este procedimiento se desarrolló a partir de un amplio estudio que comenzó con la evaluación de las tierras. El catastro cañero fue actualizado y para manejar la base cartográfica se utilizó el Sistema de Información Geográfica MapInfo 8.0, con información primaria gráfica y de atributos para la creación de diferentes capas, que permitieron obtener un conocimiento integrado, emitir recomendaciones de manejo adecuadas y la representación geográfica de los resultados. La clasificación cuantitativa y los datos de rendimientos para evaluar los suelos, permitieron determinar el potencial agroproductivo. Las tierras de mayor aptitud fueron destinadas para caña (86%). En este contexto, se entrenó al personal de la empresa en la configuración requerida para importar al monitor de rendimiento de las cosechadoras, la zonificación de las áreas de trabajo. El valor agregado de esta prestación consiste en enlazar, de forma automatizada, las variables exportadas de las maquinarias con la estructura administrativa de las zonas de cultivos. Una vez importado esta información la cosechadora detectaría el lote, bloque y campo en que se encuentra, según la información de su posicionamiento.

Una cosechadora en un turno de trabajo puede generar entre 7 000 y 8 000 datos georreferenciados, lo que equivale aproximadamente a 200 000 datos mensuales. Si se multiplica este valor por la cantidad de cosechadoras gestionadas por AZCUBA y por los meses de zafra el manejo del este gran volumen de datos constituye un problema de BigData.

Para gestionar desde la IDE los datos de cosecha exportados por SMS, se utilizó una plataforma basada en tecnologías de BigData geoespacial para el almacenamiento, procesamiento y publicación de datos vectoriales usando Apache Hadoop, Apache Spark y Accumulo-GeoMesa (Capote-Fernández & Cruz-Iglesias, 2020). Se desarrolló una aplicación web (<https://movilweb.geocuba.cu/azcuba>) que forma parte del flujo de trabajo durante el procesamiento de la información de la maquinaria para su publicación en la IDE, para subir los archivos exportados a un servicio que los procesa e inserta en la plataforma. Los datos insertados en el clúster de BigData se publican mediante un servicio de mapas basado en Geoserver-GeoMesa, que al utilizar una interfaz Servicios Web de Mapas (WMS, por sus siglas en inglés) (De la Beaujardiere, 2003) se integra armónicamente al visor genérico de la IDE. Como parte del proceso se crea un metadato, para cada paquete de datos, con información general y la extensión temporal y espacial. Este metadato es publicado en un servicio de catálogo de metadatos de la IDE de AZCUBA, desde donde se garantiza su búsqueda, recuperación y visualización.

La recolección de los datos exportados, se realizó por convenio,

This metadata is published in a metadata catalog service of AZCUBA IDE, from where its search, retrieve and view are guaranteed.

The collection of the exported data was carried out by agreement, in 24-hour intervals, coinciding with the reading of the trajectory of the machinery from the positioning receiver installed additionally in the combines and tractors of the sugar company. It was found that this flow is viable, although the optimal way to carry out this process is each time the combined are supplied with fuel. The collection of harvest data in this time interval is practical because, in addition to coinciding with another similar process, the information on the cane cut by the operators can be obtained with the same sampling time. This makes possible to indirectly analyze the efficiency of tons cut per hectare and the fuel consumption per ton of cane cut for each combine. Associated with the availability of the two sources of information (harvest data and data from the external receiver), an experiment was carried out to assess the viability of inferring fuel consumption per ton of cane cut.

The harvest data exported by the machinery is nothing more than the measurement of the main operating parameters of the combines, georeferenced by the integrated positioning receiver of the machine. For the management, visualization and storage of this information, it is an essential requirement to use professional computer programs to decode the information contained therein. In this sense, the SMS *Avanced* software was used and sugar mill staff was trained in the complete installation and use of the computer programs.

RESULTS AND DISCUSSION

Report Generation

For the management of the equipment of new harvesting technology, AZCUBA Business Group uses a “fleet control” system. That system is based on the measurement of the distance traveled, recorded by the receiver of positioning external to the combine harvester system and the fuel used derived from the relationship between: the volume of the tank of each machine and the dispatch made by the tank car. Finally, this information is uploaded to the *MovilWeb* platform in order to create the reports required for the management of the machinery (González-Suárez *et al.*, 2018). In order to facilitate the procedure for adopting the new technology analyzed in this work, operation reports were prepared with the variables analyzed in the “fleet control” and others of interest to the Central managers were added (Figures 2 and 3).

en intervalos de 24 horas, coincidiendo con la lectura de la trayectoria de la maquinaria a partir del receptor de posicionamiento instalado de forma adicional en las combinadas y tractores de la empresa azucarera. Se pudo comprobar que este flujo es viable, aunque la forma óptima de realizar dicho proceso es cada vez que se servicia de combustible a las combinadas. La recogida de los datos de cosecha en este intervalo de tiempo resulta práctica pues, además de coincidir con otro proceso similar, la información de la caña cortada por los operadores, se puede obtener con ese mismo tiempo de muestreo. Esto permite analizar de forma indirecta la eficiencia de toneladas cortadas por hectárea y el consumo de combustible por tonelada de caña cortada para cada combinada. Asociado a la disponibilidad de las dos fuentes de información (datos de cosecha y datos del receptor externo) se llevó a cabo un experimento para valorar la viabilidad de inferir el consumo de combustible por tonelada de caña cortada.

Los datos de cosecha exportados por la maquinaria, no son más que la medición de los principales parámetros operativos de las cosechadoras, georreferenciados por el receptor de posicionamiento integrado de la máquina. Para la gestión, visualización y almacenamiento de esta información, es requisito imprescindible utilizar programas computacionales profesionales para la decodificación de la información contenido en los mismos. En este sentido, se empleó el software *SMS Avanced* y se capacitó al personal del central en la completa instalación y uso del programa computacional. Dicha instalación cuenta con todas las funcionalidades del software sin riesgo por vencimiento de licencia. Además, se facilitó la información necesaria para realizar la instalación del software en otras computadoras de la entidad.

La representación de los datos de cosecha exportados por las maquinarias AFS, es llevada a cabo a partir de Informes de Operación y Mapas de Variables. Como parte de las tareas de la presente intervención, se entrenó al personal de central encargado de acopiar y gestionar las operaciones agrícolas de las máquinas de este tipo. Específicamente, se trabajó en reportar las variables de mayor interés para gestión de la maquinaria, entre ellas: la distancia recorrida, el tiempo de trabajo, la presión del cortador base, la carga del motor y el consumo de combustible. Se trabajó además en el adiestramiento del personal del central para la generación de mapas de las diferentes variables de interés que permitieran analizar el comportamiento de la maquinaria no solo de forma estadística, sino también con su información geográfica asociada. De esta manera se puede evaluar las operaciones en el campo y asociar comportamientos de la máquina a características propias del terreno de operación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Generación de Informes

Para la gestión de los equipos de nueva tecnología de cosecha, el Grupo Empresarial AZCUBA, emplea un sistema de “control de flota”. Dicho sistema está basado en la medición de la distancia recorrida, registrada por el receptor de posicionamiento externo al sistema de la cosechadora y el combustible utilizado proveniente de la relación entre: el volumen del tanque de cada máquina y el despacho realizado por el carro cisterna; por último esta información es cargada en la plataforma *MovilWeb* con el objetivo de crear los informes requeridos para la gestión de las maquinarias (González-Suárez *et al.*, 2018). Con el objetivo de facilitar el procedimiento de adopción de la nueva tecnología analizada en el

presente trabajo, se confeccionaron informes de operación con las variables analizadas en el “control de flota” y se añadieron otras de interés para los directivos del Central (Figura 2 y Figura 3).

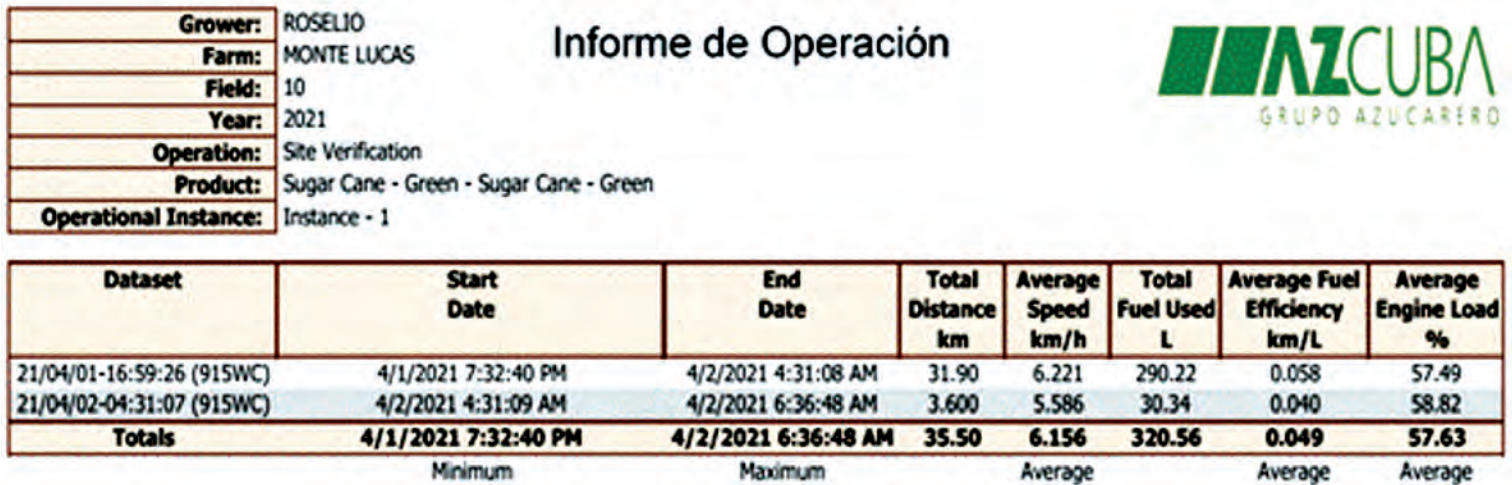


FIGURE 2. Operation Report of Operator Roselio.
 FIGURA 2. Informe de Operación del Operador Roselio.

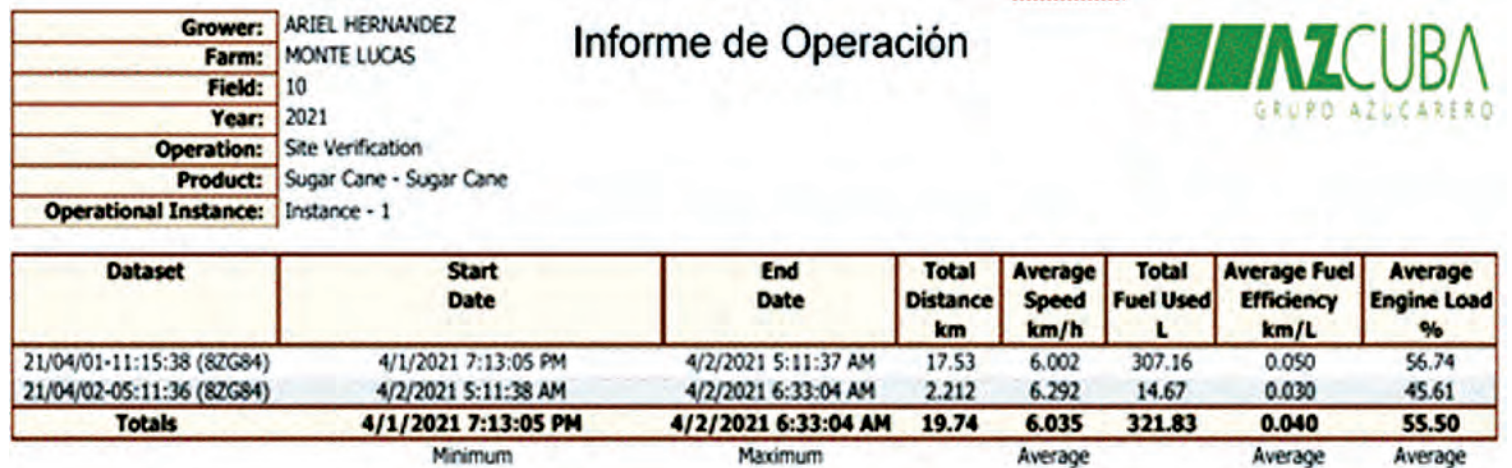


FIGURE 3. Operation Report of Operator Ariel Hernandez.
 FIGURA 3. Informe de Operación del Operador Ariel Hernández.

One of the variables of greatest interest to analyze the operational efficiency of agricultural machinery is fuel consumption (Ramos *et al.*, 2016). In this case, the reports shown previously were generated in an automated way, with the aim of verifying that, despite the consumption of both machines being similar, the value differs with the external measurements of the “fleet control” in the order of 30 liters of fuel. In order to validate the sensing carried out by the harvester’s own system, maps of the variable “engine load” were also made, since this parameter is closely related to fuel consumption. In Figure 4, the variable load of the motor of both harvesters is represented separately.

Another parameter of special interest for the analysis of the efficiency of the machinery is the working time. To that end, work was carried out on the basis of the information recorded in an automated way by the system present in the combine harvester and a specific report was configured (Fi-

Una de las variables con mayor interés para analizar la eficiencia operacional de las maquinarias agrícolas, es el consumo de combustible (Ramos *et al.*, 2016). En este caso se generaron de forma automatizada los reportes mostrados con anterioridad, con el objetivo de comprobar que, pese a ser similares el consumo de ambas máquinas, difiere el valor con las mediciones externas del “control de flota” en el orden de los 30 litros de combustible. Con el objetivo de validar el sensado realizado por el sistema propio de la cosechadora, se confeccionaron, además mapas de la variable “carga del motor”, ya que dicho parámetro se encuentra estrechamente relacionado con el consumo de combustible. Así se tiene la Figura 4 con la representación de la variable carga del motor de ambas cosechadoras por separado.

Otro parámetro de especial interés para el análisis de eficiencia de las maquinarias, lo constituye el tiempo de trabajo. Con ese fin, se trabajó sobre la base de la información registrada de forma automatizada por el sistema presente en la cosechadora

gures 5 and 6) to analyze field operations of the drivers. The Work Status variable represents in a Boolean way the status of the harvest modules (on-in or off-out).

y se configuró un reporte específico (Figura 5 y Figura 6) para el análisis de las operaciones en el campo de los conductores. La variable *Estado de Trabajo* representa de forma booleana el estado de los módulos de cosecha (encendidos-in o apagados-out).

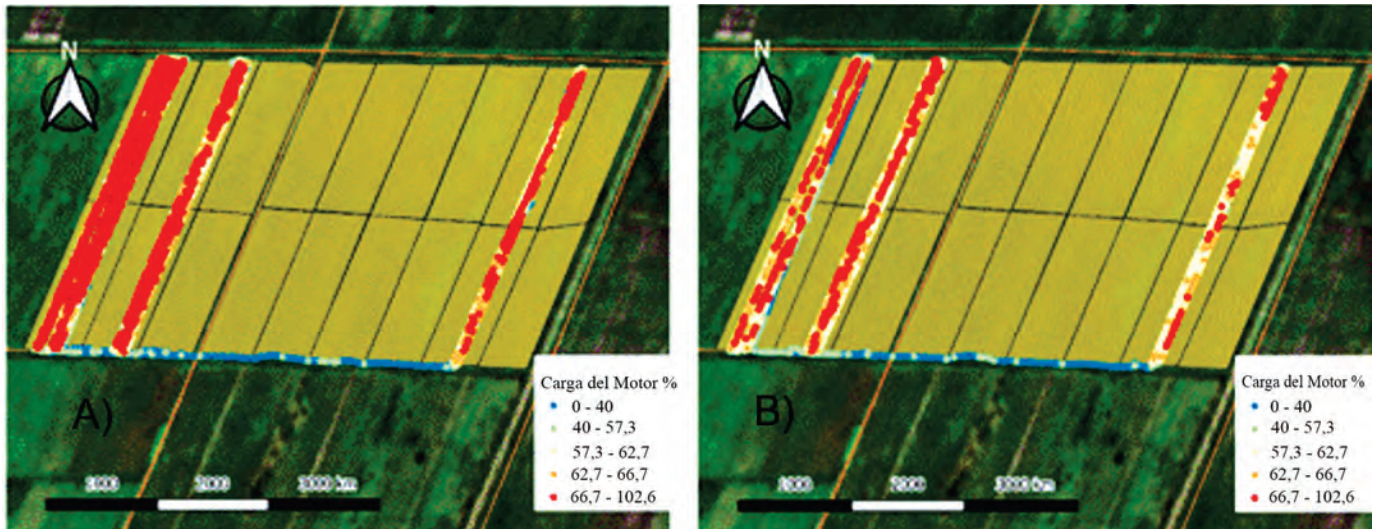


FIGURE 4. Map of the motor load variable A) Operator Roselio B) Operator Ariel Hernandez.
 FIGURA 4. Mapa de la variable carga del motor A) Operador Roselio B) Operador Ariel Hernandez.

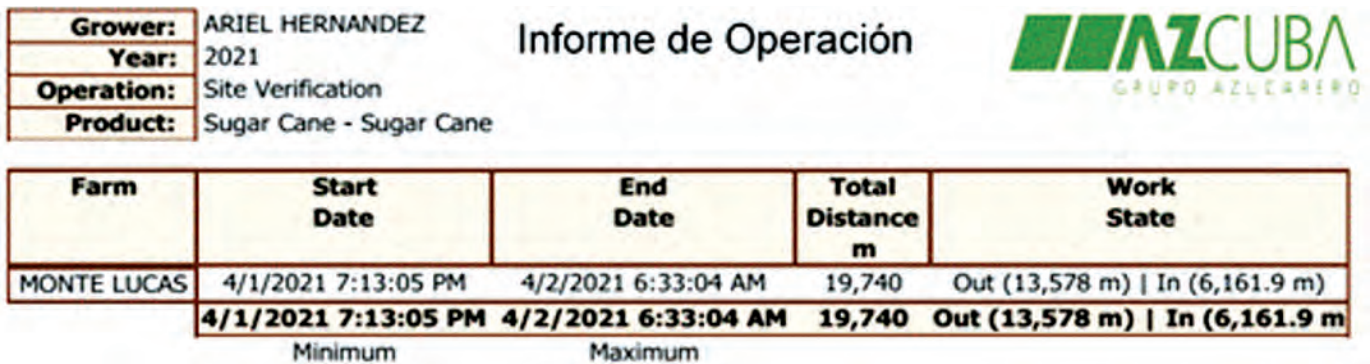


FIGURE 5. Ariel Hernandez's Operation Report.
 FIGURA 5. Informe de Operación de Ariel Hernandez.

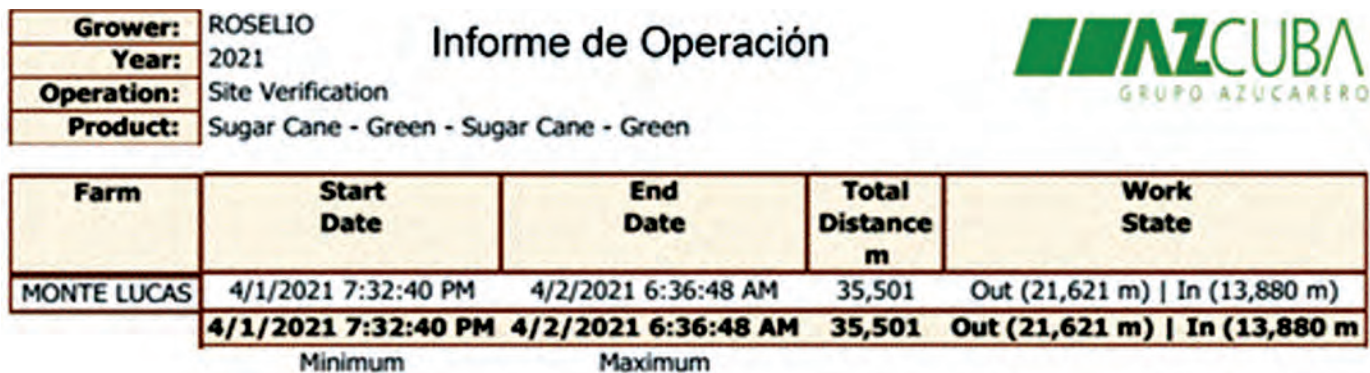


FIGURE 6. Roselio's Operation Report.
 FIGURA 6. Informe de Operación de Roselio.

From the summaries shown previously, it is possible to verify that the machinery travels approximately 60% of the total distance with the harvesting devices deactivated. This may be due to trips made for maintenance work or to be located in work areas. Although these actions threaten the efficiency

De los resúmenes mostrados con anterioridad, es posible constatar que las maquinarias recorren aproximadamente el 60% de la distancia total con los dispositivos de cosecha desactivados. Ello puede estar debido a desplazamientos realizados para las labores de mantenimiento o para ubicarse en las zonas de trabajo. Si bien estas acciones

of the machines, they are not always due to bad operations by the driver, since it is necessary to plan cutting tasks based on optimal operating routes. In this sense, the work with aerial images, whether of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) or satellites, allows the application of remote sensing techniques for the establishment of optimal routes of operation from geometric measurements and even on the basis of the optimal state of the crop for harvest (Shelestov *et al.*, 2013).

Integration with AZCUBA Spatial Data Infrastructure

The use of web platforms for the management of spatial data is of great importance for administrative decision-making by users who do not always have high knowledge of geomatics (Hernández, 2021). To this end, the sugar company personnel was trained to process the data exported by the harvester and make them compatible with the necessary standards to incorporate them into AZCUBA IDE, which can be consulted through the link <https://azcuba.geocuba.cu/viewer> (Figure 7).

As a result of this action, it was possible to view remotely the harvest data exported by the Case IH A8800 under study. The integration of the harvest data with the zoning of the cultivation areas, together with the tools present in the IDE, made possible to know in real time, the current state of the arable fields and thus quantify the harvested areas and the rest. In the same way, a training of the company’s specialist was carried out, for the use of the benefits of the web platform.

atentan contra la eficiencia de las máquinas, no siempre se deben a malas operaciones del conductor puesto que se hace necesario la planificación de las labores de corte sobre la base de rutas óptimas de operación. En este sentido el trabajo con imágenes áreas ya sean de Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT) o satélites, permite aplicar técnicas de teledetección para el establecimiento de rutas óptimas de operación a partir de mediciones geométricas e incluso sobre la base del estado óptimo del cultivo para la cosecha (Shelestov *et al.*, 2013).

Integración con la Infraestructura de Datos Espaciales de AZCUBA

El empleo de plataformas web para la gestión de los datos espaciales reviste una gran importancia para la toma de decisiones administrativas por parte de usuarios que no siempre poseen elevados conocimientos de geomática (Hernández, 2021). Con este fin se capacitó al personal de la empresa azucarera para procesar los datos exportados por la cosechadora y hacerlo compatible con los estándares necesarios para incorporarlos a la IDE de AZCUBA, la cual puede ser consultada a través del enlace <https://azcuba.geocuba.cu/visor> (Figura 7).

Como resultado de esta acción, se pudo visualizar de forma remota los datos de cosecha exportados por las Case IH A8800 objeto de estudio. La integración de los datos de cosecha con la zonificación de las áreas de cultivo, de conjunto con las herramientas presentes en la IDE, hacen posible conocer en tiempo real, el estado actual de los campos cultivables y así cuantificar las áreas cosechadas y las restantes. De igual forma se realizó una capacitación del especialista de la empresa, para el uso de las prestaciones de la plataforma web.

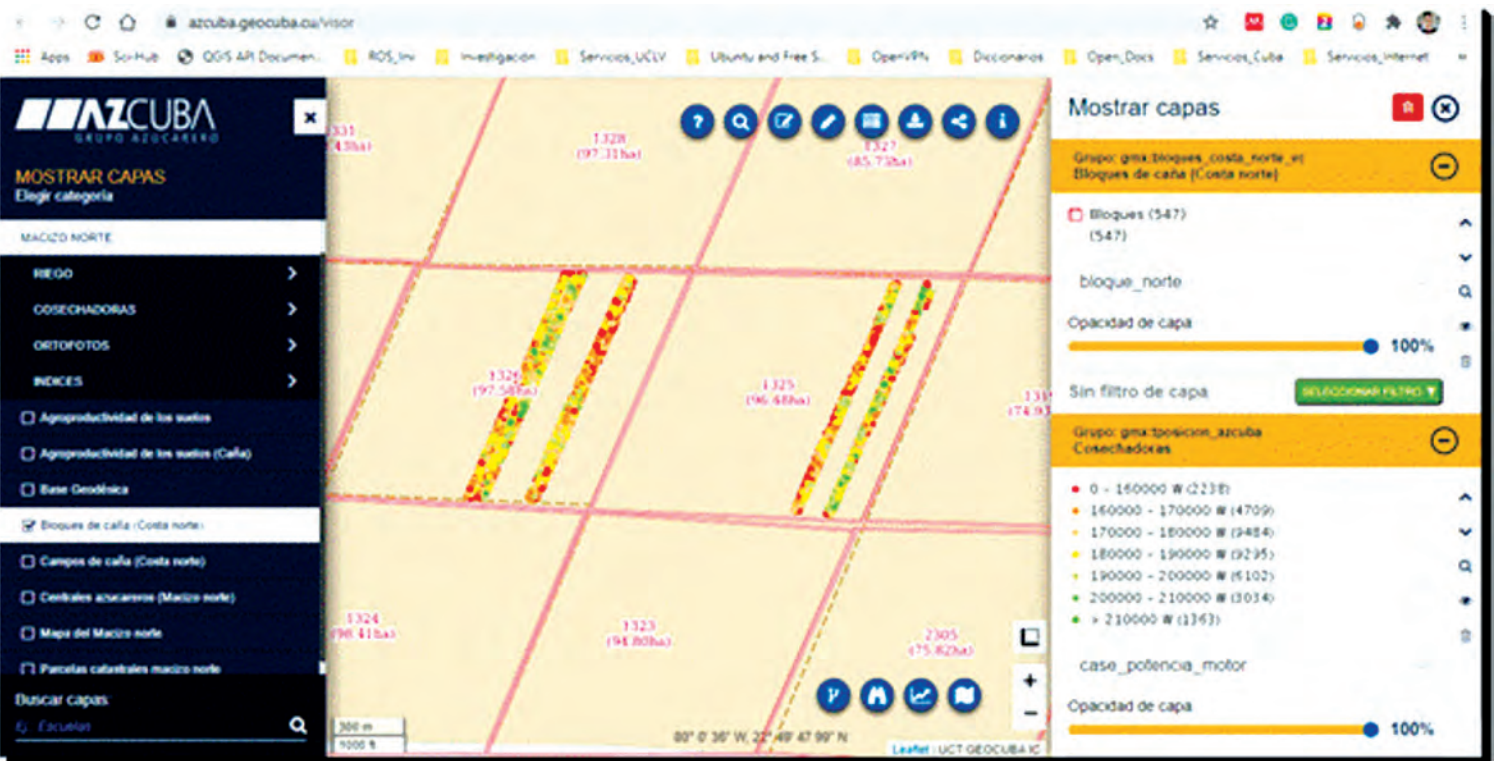


FIGURE 7. AZCUBA IDE viewer.
 FIGURA 7. Visor de la IDE de AZCUBA.

CONCLUSIONS

- The Case IH A8000, equipped with the AFS Pro 700 performance monitors, allow the application of advanced cultivation techniques in the sugarcane harvest, providing valuable georeferenced information of the operations in the field.
- The technical staff of “Héctor Rodríguez” Sugar Mill, trained in the use of the harvest data management software Spatial Management Systems (SMS), developed the AFS machinery farm management capacity, visualizing the work carried out at the field level, the productivity rates achieved and the fuel consumed in each operation, among others.
- Managing the information exported by the Case IH A8000 combine performance monitor, allowed establishing the control strategies through automation in the generation of reports and variable maps.
- The results obtained confirm that the use of the potentialities of the Advanced Cultivation System represents a viable tool for the management of agricultural machinery.
- The publication of harvest data in AZCUBA IDE facilitates access to the information for multiple users, which lays the foundation for future data engineering work

AUTHOR CONTRIBUTIONS:

Conceptualization: C. Perez, A. Rodríguez, L. Hernández, M. A. Rodríguez. Data curation: C. Perez, A. Rodríguez. Formal Analysis: C. Perez, M. A. Rodríguez. Investigation: C. Perez, A. Rodríguez, L. Hernández, M. A. Rodríguez, R. Cruz, J. Capote. Methodology: L. Hernández, M. A. Rodríguez, R. Cruz, J. Capote. Supervision: L. Hernández, M. A. Rodríguez. Writing – original draft: C. Perez. Writing – review & editing: C. Perez, M. A. Rodríguez.

REFERENCES

- AG LEADER TECHNOLOGY: *SMS Desktop Installer - Software*, 2021.
- BECERRAS, E.; MÁ-S-MARTÍNEZ, R.; PINEDA, E.; BARRETO, B.; HERNÁNDEZ, N.; VIDAL, M.L.; RODRÍGUEZ, I.; ACOSTA, F.; CRUZ, A.: “Ordenamiento territorial y sistema de información en la agricultura cañera en Villa Clara”, *Centro Agrícola*, ISSN-0253-5785, 35(4): 47-52, 2008.
- BENÍTEZ-PUIG, L.; VIÑAS-QUINTERO, Y.; DE LEÓN-ORTIZ, M.E.; GUILLÉN-SOSA, S.; GALLEGU-DOMÍNGUEZ, R.: “Contribución al manejo sostenible del cultivo de la caña de azúcar en Cuba”, *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2227-8761, 8(2): 62-67, 2018.
- CAPOTE-FERNÁNDEZ, J.L.; CRUZ-IGLESIAS, R.: “Tecnologías de Big Data geoespacial en el Centro de Información Geoespacial de Geocuba”, *Revista Cubana de Transformación Digital*, ISSN-2708-3411, 1(2): 74-85, 2020.
- DE LA BEAUJARDIERE, J.: *OGC Implementation Specification OGC 01-068r3: OpenGIS Web Map Service*. Open, 2003.
- GONZÁLEZ-SUÁREZ, G.; CAPOTE-FERNÁNDEZ, J.L.; CRUZ-IGLESIAS, R.; BATULE-DOMÍNGUEZ, M.; FARRÉ-ROSALES, D.; FERNÁNDEZ-ÁGUILA, L.: “MovilWeb Sistema de Control de Flotas, estado actual y perspectivas”, 2018.
- GRADAILLE DAQUINTA, A.L.; DOMÍNGUEZ BRITO, J.; PÉREZ OLMO, C.; FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, M.: “Indicadores técnicos y de explotación de las cosechadoras de caña de azúcar CASE-IH 7000 y 8000 en la provincia de Ciego de Ávila”, *Ingeniería Agrícola*, 4(3): 3-8, 2014.
- HEEGE, H.J.: “Precision in Guidance of Farm Machinery”, [en línea] *Precision in Crop Farming*, pp. 35-50, Ed. Springer Netherlands, Dordrecht, 2013.
- HERNÁNDEZ, C.R.R.: “La Agricultura de Precisión. Una necesidad actual Precision”, *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2227-8761, 11(1): 67-74, 2021.
- LÓPEZ-SANDIN, I.; HERRERO-BELLO, F.S.: “Índices de explotación y energéticos de las cosechadoras de caña de azúcar CASE IH A 8800”, *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2227-8761, 8(4): 43-48, 2018.
- PEREZ, C.A.: *Metodología para la extracción de Datos de Cosecha en Cosechadoras Cañeras Case IH A8000*, 1-59pp., Universidad Central

CONCLUSIONES

- Las Case IH A8000, dotadas con los monitores de rendimiento AFS Pro 700, permiten la aplicación de técnicas avanzadas de cultivo en la cosecha de la caña de azúcar, aportando valiosa información georreferenciada de las operaciones en el campo.
- El personal técnico del Central Azucarero Héctor Rodríguez, entrenado en el uso del software de gestión de datos de cosecha *Spatial Management Systems* (SMS), desarrollaron la capacidad de gestión de las explotaciones agrícolas de las maquinarias AFS, visualizando a nivel de campo las labores realizadas, las tasas de productividad alcanzadas, el combustible consumido en cada operación, entre otros.
- Manejando la información exportada por el monitor de rendimiento de las cosechadoras Case IH A8000, permitió el establecimiento de estrategias de control a través de la automatización en la generación de reportes y mapas de variables.
- Los resultados obtenidos confirman que el empleo de las potencialidades del Sistema Avanzado de Cultivo representa una herramienta viable para la gestión de las maquinarias agrícolas.
- La publicación de los datos de cosecha en la IDE de AZCUBA facilita el acceso a la información a múltiples usuarios, lo cual sienta las bases para trabajos futuros de ingeniería de datos.

AUTHOR CONTRIBUTIONS:

Conceptualization: C. Perez, A. Rodríguez, L. Hernández, M. A. Rodríguez. Data curation: C. Perez, A. Rodríguez. Formal Analysis: C. Perez, M. A. Rodríguez. Investigation: C. Perez, A. Rodríguez, L. Hernández, M. A. Rodríguez, R. Cruz, J. Capote. Methodology: L. Hernández, M. A. Rodríguez, R. Cruz, J. Capote. Supervision: L. Hernández, M. A. Rodríguez. Writing – original draft: C. Perez. Writing – review & editing: C. Perez, M. A. Rodríguez.

«Marta Abreu» de Las Villas, 2016.

- PEREZ-GARCIA, C.A.; GUSTABELLO-COGLE, R.; HERNÁNDEZ-SANTANA, L.: "Empleo del software SMS para la gestión de las cosechadoras cañeras CASE IH A8000", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2306-1545, 8(4): 37-42, 2018.
- RAMOS, C.R.G.; LANÇAS, K.P.; LYRA, G.A. de; SANDI, J.: "Fuel consumption of a sugarcane harvester in different operational settings", [en línea] *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, ISSN-1415-4366, DOI-10.1590/1807-1929/agriambi.v20n6p588-592, 20(6): 588-592, junio de 2016.
- SHELESTOV, A.Yu.; KRAVCHENKO, A.N.; SKAKUN, S. V.; VOLOSHIN, S. V.; KUSSUL, N.N.: "Geospatial information system for agricultural monitoring", [en línea] *Cybernetics and Systems Analysis*, ISSN-1060-0396, DOI-10.1007/s10559-013-9492-5, 49(1): 124-132, 2 de enero de 2013.
- TUMENJARGAL, E.; SEUNG KUK, R.; JUYEON, L.; BATBAYAR, E.; TSOGTOCHIR, S.; OYUMAA, M.; KIL TO, C.; WOON CHUL, H.: "Development and analysis of an ISO 11783 virtual terminal for agricultural machinery", [en línea] DOI-10.13031/aim.201700022, pp. 1-7, Washington, 2017.

Carlos A. Pérez-García, Profesor, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Control Automático, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: cpgarcia@uclv.cu, cpgarcia518@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4781-6771>

Alexander Rodríguez-Conte, Profesor, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Control Automático, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: arconte@uclv.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3767-1708>

Luis Hernández-Santana, Profesor, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Control Automático, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: luishs@uclv.edu.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0558-3690>

Miguel A. Rodríguez-Orozco, Profesor Titular, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ingeniería Agrícola, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: miguelro@uclv.edu.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3622-4693>

Rafael Cruz-Iglesias, Investigador, Unidad Científico Técnica GEOCUBA Investigación y Consultoría, Cuba, e-mail: rcruz@geomix.geocuba.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7564-7779>

José Luis Capote-Fernández, Investigador, Unidad Científico Técnica GEOCUBA Investigación y Consultoría, Cuba, e-mail: capote@geomix.geocuba.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3733-0893>

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

FACILIDADES PARA PUBLICAR CONTRIBUCIONES EN REVISTAS CIENTÍFICAS

Si desean que su trabajo se publique en las revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias (RCTA), Ingeniería Agrícola (IA) o Gestión del Conocimiento y desarrollo local, deben revisar en el sitio WEB www.unah.edu.cu las normas editoriales y contactar con los directores de las publicaciones.

CJAS: www.cjascience.com, Directora Editorial: Dra. Sandra Lok Mejías slok@ica.co.cu

Pastos y Forrajes: <https://payfo.ihatuey.cu> / <http://www.ihatuey.cu>, Editor Jefe: Dr. [Osmel Alonso Amaro osmel@ihatuey.cu](mailto:osmel@ihatuey.cu)

Si desea publicar en revista técnico popular contactar con: Casa Editorial ACPA. Director. Jorge Luis Álvarez Calvo, revista@acpa.cu