
ARTÍCULO CIENTÍFICO

BiomaSoft: sistema informático para el monitoreo y evaluación de la producción de alimentos y energía. Parte I

BiomaSoft: data processing system for monitoring and evaluating food and energy production. Part I

J. R. Quevedo y J. Suárez

*Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey,
Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Ministerio de Educación Superior
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba
Correo electrónico: julio.quevedo@ihatuey.cu*

RESUMEN: La producción integrada de alimentos y energía en Cuba exige procesar una diversa y voluminosa información para tomar decisiones locales, sectoriales y nacionales, con el propósito de incidir en políticas públicas, por lo que es necesario el apoyo de sistemas automatizados que faciliten el monitoreo y evaluación (M&E) de la producción integrada de alimentos y energía en municipios cubanos. El objetivo de esta investigación fue identificar las herramientas de diseño del sistema informático BiomaSoft y contextualizar su entorno de aplicación. La metodología de desarrollo de software fue RUP (Proceso Racional Unificado, del inglés Rational Unified Process), con UML (Lenguaje Unificado de Modelado, del inglés Unified Modeling Language) como lenguaje de modelado y PHP (Pre-Procesador de Hipertexto, del inglés Hypertext Pre-Processor) como lenguaje de programación. El entorno se conceptualizó mediante un modelo de dominio y se especificaron los requisitos funcionales y no funcionales que se debían cumplir, así como el Diagrama de Casos de Uso del sistema, con la descripción de actores. Para el despliegue de BiomaSoft se concibió una configuración basada en dos tipos de nodos físicos (un servidor web y ordenadores clientes), en los municipios que participan en el proyecto «La biomasa como fuente renovable de energía para el medio rural cubano» (BIOMAS-CUBA). Se concluye que el monitoreo y evaluación de la producción integrada de alimentos y energía en las condiciones cubanas puede ser realizado mediante el sistema automatizado BiomaSoft, y a este propósito contribuye la identificación de las herramientas para su diseño y la contextualización de su entorno de aplicación.

Palabras clave: producción de alimentos y energía, monitoreo y evaluación, sistema informático

ABSTRACT: The integrated food and energy production in Cuba demands to process diverse and voluminous information to make local, sectoral and national decisions, in order to have incidence on public policies, for which the support of automated systems that facilitate the monitoring and evaluation (M&E) of the integrated food and energy production in Cuban municipalities is necessary. The objective of this research was to identify the tools for the design of the data processing system BiomaSoft and to contextualize its application environment. The software development methodology was RUP (Rational Unified Process), with UML (Unified Modeling Language) as modeling language and PHP (Hypertext Pre-Processor) as programming language. The environment was conceptualized through a dominion model and the functional and non-functional requisites that should be fulfilled, as well as the Use Case Diagram of the system, with the description of actors, were specified. For the display of BiomaSoft a configuration based on two types of physical nodes (a web server and client computers) was conceived, in the municipalities that participate in the project «Biomass as renewable energy source for Cuban rural areas» (BIOMAS-CUBA). It is concluded that the monitoring and evaluation of integrated food and energy production under Cuban conditions can be made through the automated system BiomaSoft, and the identification of tools for its design and the contextualization of its application environment contribute to this purpose.

Key words: data processing system, food and energy production, monitoring and evaluation

INTRODUCCIÓN

La actualidad está marcada por un conjunto de peligros que amenazan el equilibrio de los ecosistemas, debido al cambio climático, la degradación ambiental, la crisis alimentaria y la creciente contradicción biocombustibles vs. alimentos, que ha sido generada por una insensata política para obtener determinados agrocombustibles de primera generación a partir de grandes extensiones de monocultivos alimentarios. Estos biocombustibles son promovidos como una alternativa ecológica a los combustibles fósiles, por su capacidad de reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y promover el desarrollo de comunidades rurales de países del sur. Por tal motivo surgió la interrogante de cómo hacer coexistir la agroenergía, la seguridad alimentaria y la protección del medioambiente.

Por otra parte, el crecimiento notable de la población mundial a partir de 1950 y las expectativas de un nivel de vida más elevado impulsan la demanda creciente de productos agrícolas (FAO, 2009a). Esto ha impuesto una progresiva presión sobre los recursos naturales (la tierra, el agua, los bosques y la biodiversidad), la cual ha aumentado debido a la industrialización, la comercialización y la globalización de la actividad económica, ya que tradicionalmente los recursos naturales y los servicios del ecosistema han sido infravalorados o depreciados por el mercado y, como consecuencia, utilizados excesivamente. Asimismo, el cambio climático y la ampliación de la producción de biocombustibles, como posible fuente de energía limpia, someten las bases de los recursos naturales de la Tierra a una explotación adicional considerable (FAO, 2009b).

En la actualidad, dichos biocombustibles (líquidos y gaseosos) son considerados por gobiernos e instituciones internacionales como una alternativa ecológica a los combustibles fósiles, por su capacidad de reducir la emisión de GEI –aspecto muy controvertido, con defensores y detractores–, además de promover el desarrollo de comunidades rurales de países subdesarrollados, que son las zonas productoras. Entre los defensores de la producción sostenible de biocombustibles líquidos están el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2007) y el Programa Bioenergía y Seguridad Alimentaria (FAO, 2008b), que promueven el desarrollo de normas sostenibles para su producción.

Este es el enfoque que promueve el proyecto internacional «La biomasa como fuente renovable de energía para el medio rural cubano» (BIOMAS-CUBA), financiado por la Agencia Suiza para el

Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y liderado por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPF-IH), en seis provincias cubanas. El objetivo general de dicho proyecto es generar experiencias para la producción integrada y sostenible de alimentos y energía, en el marco de estrategias locales, con el fin de mejorar las condiciones de vida de mujeres y hombres en zonas rurales del país (Suárez y Martín, 2011, 2012; Suárez *et al.*, 2011).

A nivel mundial existen diversos sistemas informáticos para el monitoreo, control y/o evaluación de proyectos, como los desarrollados por Lee *et al.* (2008), Mahaney y Lederer (2010), Allué *et al.* (2013), Pellerin *et al.* (2013), Hazir (2015) y Acebes *et al.* (2014), pero enfocados a proyectos de informatización y diseñados para países desarrollados. Sin embargo, la producción integrada de alimentos y energía, en las condiciones cubanas, exige procesar y utilizar una diversa y voluminosa información para tomar decisiones locales, sectoriales y nacionales, con el propósito de incidir en políticas públicas, lo cual es muy engorroso sin el apoyo de un sistema automatizado que facilite el monitoreo y evaluación (M&E) de este complejo proceso.

El objetivo de este estudio fue identificar las herramientas de diseño del sistema informático BiomaSoft y contextualizar su entorno de aplicación. (En las partes II y III de este artículo se presentará el desarrollo del sistema BiomaSoft y los resultados de la implementación del software, respectivamente).

Descripción de las tecnologías utilizadas en el diseño de Biomasoft

a. Metodología de desarrollo del software

La calidad y la profesionalidad que requiere un producto en el mercado del software hacen prácticamente imprescindible la utilización de metodologías para el desarrollo de aplicaciones ordenadas. La competitividad necesaria en un mercado dominado por grandes empresas privadas se puede obtener con solo seguir normas y estándares. Por ello, en cuanto a arquitectura se refiere, se decidió utilizar RUP (Proceso Racional Unificado, del inglés Rational Unified Process) como metodología de desarrollo. Este producto del proceso de ingeniería de software proporciona un enfoque disciplinado para asignar tareas y responsabilidades dentro de una organización de desarrollo. Su meta es asegurar la producción de un software de alta calidad, que resuelva las necesidades de los usuarios, con un

presupuesto y en un tiempo establecido (Jacobson *et al.*, 1999).

b. Lenguaje de modelado

Para el modelado del sistema se utilizó UML (Lenguaje Unificado de Modelado, del inglés Unified Modeling Language), debido a su sencillez y estandarización a nivel mundial. Además, este lenguaje es empleado por la metodología RUP, y permite describir gráficamente un determinado sistema, de forma sencilla y comprensible (Rumbaugh *et al.*, 2004).

c. Herramienta CASE

Para gestionar las actividades de ingeniería de software, se utilizó Visual Paradigm como herramienta CASE –Ingeniería de Software Asistida por Computadora, del inglés Computer Aided Software Engineering– (Visual Paradigm International, 2012).

d. Patrón arquitectónico

Con el fin de lograr un sistema sólido y confiable, se utilizó el patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador (MVC), por su capacidad de organizar y distribuir el proceso de generación de código (Reenskaug *et al.*, 1996).

e. Entorno de desarrollo integrado

Para facilitar las tareas de implementación del sistema, se seleccionó NetBeans IDE (Integrated Development Environment) como entorno de desarrollo integrado, el cual se integra fácilmente con el lenguaje de programación y los *frameworks* seleccionados (Sun Microsystems/ Oracle Corporation, 2013).

f. Lenguaje de programación

El lenguaje de programación utilizado fue PHP (Pre-Procesador de Hipertexto, del inglés Hypertext Pre-Processor). Este es un lenguaje de *script* que interpreta el servidor, y se utiliza para generar páginas web dinámicas, incluidas en páginas HTML (Lenguaje de Marcas de Hipertexto, del inglés Hyper-Text Markup Language)– y ejecutadas en el servidor (Cowburn, 2015). Dicho lenguaje debe tener instalado Apache o IIS (Servicios de Información de Internet, del inglés Internet Information Services), con las librerías de PHP. La mayor parte de su sintaxis ha sido tomada de los lenguajes C, Java y Perl, con algunas características específicas. Sus archivos cuentan con la extensión .php.

g. *Framework* de desarrollo

Para aumentar la productividad en la implementación del sistema y garantizar su mantenimiento y seguridad, se utilizó Symfony como *framework* de desarrollo; de esta manera se libera al programador

de las operaciones básicas y rudimentarias de la codificación (SensioLabs, 2012).

h. *Framework* de apariencia

Con el objetivo de facilitar el diseño y construcción de la interfaz gráfica del sistema, se seleccionó Dojo Toolkit como *framework* de apariencia.

ANÁLISIS Y DISEÑO DE BIOMASOFT

Conceptualización del entorno de aplicación de BiomaSoft

Los conceptos y entidades identificadas en el entorno de aplicación del sistema son los siguientes:

a. Descripción general del Modelo de Dominio

La persona encargada de gestionar el M&E se basa en la información obtenida, a través de cuestionarios diseñados con este propósito, en los escenarios productivos y en los municipios; genera reportes útiles para la evaluación del estado de la producción integrada de alimentos y energía (fig. 1); y realiza una implementación, de acuerdo con la estrategia local formulada (Suárez *et al.*, 2014).

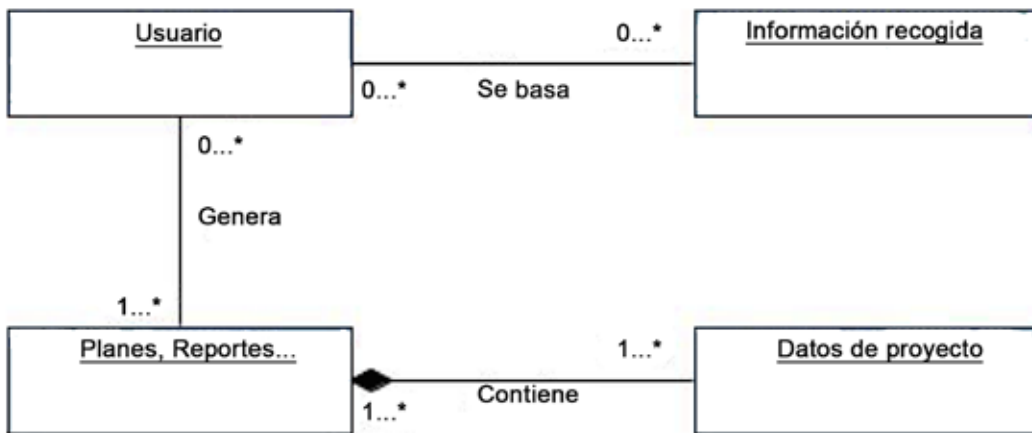
b. Descripción de las entidades

En la figura 1 se muestran las entidades del sistema informático diseñado (representaciones de los objetos que interactúan en el ambiente de aplicación), las cuales se describen a continuación:

- Usuarios: las personas encargadas de insertar, eliminar o modificar la información existente.
- Información recopilada: atributos específicos que pueden ser asociados a un proyecto, los cuales se obtienen mediante cuestionarios. Esta se debe almacenar para futuras búsquedas y análisis.
- Datos de proyecto: elementos que quedan digitalizados en el sistema como resultado de los procesos de gestión de la información recogida y la generación de reportes.
- Reportes: informaciones, resultados, alarmas y conformidades, especializados y organizados específica y dinámicamente. Estas constituyen la conjunción intencional de los datos almacenados, y su interés es la conformación de fichas de seguimiento y estrategias de dirección.

Especificación de los requerimientos funcionales y no funcionales

La identificación de requisitos se realiza con el propósito de lograr un buen diseño, además de la modelación y resultados adecuados. En este proceso se definen los requerimientos funcionales, es decir, las capacidades, las propiedades y las funcionalidades que el sistema debe cumplir.



Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Diagrama del Modelo de Dominio.

Estos requerimientos funcionales gestionan los datos de los escenarios productivos (datos del sistema), las estrategias de dirección y los reportes especializados (fichas de seguimiento), asociados al M&E (fig. 2). Gestionar incluye las acciones mostrar, crear, modificar y eliminar.

Por otra parte, los requerimientos no funcionales son las propiedades o cualidades que el sistema debe poseer, y se centran más en sus características que en sus funciones. Dichos requerimientos son los siguientes:

a. Seguridad

El sistema debe garantizar la integridad, la disponibilidad y la confidencialidad de la información. Se debe realizar la petición de confirmación ante acciones irreversibles, por ejemplo, la eliminación de cualquier información.

b. Usabilidad

La *usabilidad*, un término habitual en el campo de la informática, se refiere a la capacidad de un software de ser comprendido (ISO/IEC, 2006), por lo que el sistema se concibe para ser utilizado por personas que tengan conocimientos básicos de informática y de gestión de proyectos, tanto en los municipios como en la dirección de BIOMAS-CUBA.

c. Apariencia e interfaz gráfica

La interfaz gráfica de la aplicación se concibe con un ambiente sencillo y de navegación fácil e intuitiva para el usuario. Los colores se deben utilizar de forma conveniente, en dependencia del objetivo

de una determinada situación; estos deben ser claros en la mayor parte de la aplicación y con otras tonalidades para resaltar los mensajes de interacción.

d. Hardware

El sistema requiere, como mínimo, los recursos de hardware siguientes:

- En los servidores: procesador Pentium III, 1 Gb de RAM y 2 Gb de almacenamiento.
- En las estaciones cliente: procesador Pentium III, 256 Mb de RAM y 2 Gb de almacenamiento.

e. Software

El sistema requiere los recursos de software siguientes:

- En las estaciones cliente: cualquier sistema operativo y navegador (se recomienda el empleo de Mozilla Firefox 3.6 o superior).
- En los servidores: cualquier sistema operativo Linux basado en Debian, postgresQL como gestor de base de datos y Apache como servidor web.

El sistema BiomaSoft para el M&E

Los requerimientos descritos anteriormente se transforman en el Diagrama de Casos de Uso del sistema BiomaSoft (fig. 2), en el que cada uno de los requisitos abarca una serie de acciones ejecutadas por los actores. Estos actores y los casos de uso, así como sus descripciones conforman el modelo del sistema.

a. Actores del sistema

Un actor del sistema representa un conjunto de funciones que los usuarios desempeñan cuando



Fuente: elaboración propia.
 Figura 2. Diagrama de Casos de Uso de BiomaSoft.

interactúan con los casos de uso. Se definen como actores del sistema: el administrador del sistema (encargado del proceso de gestión de la base de datos y de la administración del funcionamiento interno del sistema en su conjunto), los directivos del proyecto (personas encargadas de la gestión estratégica del proyecto, así como de la verificación de los datos incluidos en las fichas de seguimiento), y los responsables de monitoreo (personas encomendadas a dar seguimiento a las unidades productivas, mediante la aplicación de encuestas en los escenarios participantes).

b. Diagrama de clases del diseño de BiomaSoft

El diagrama de clases del diseño del sistema (fig. 3) permite organizar, según el patrón arquitectónico MVC, las clases y componentes utilizados por cada caso de uso descrito, lo que permite estructurar estos componentes de la siguiente forma:

- Modelo: compuesto por el ORM (Object Relational Mapping) Doctrine. El *framework* (Symfony) lo utiliza para la gestión y procesamiento de los datos.
- Controlador: compuesto por el controlador frontal GestionarProyecto.php. Es el encargado de recibir peticiones (generalmente URL –Uniform Resource Locator–) y de determinar, utilizando los componentes de Symfony (paquete que encapsula el funcionamiento del *framework*), el módulo Acciones y la acción que debe invocar, con el fin de responder a la petición recibida.
- Vista: compuesta por archivos con sufijo *success* (encapsulados en el paquete Complemento de

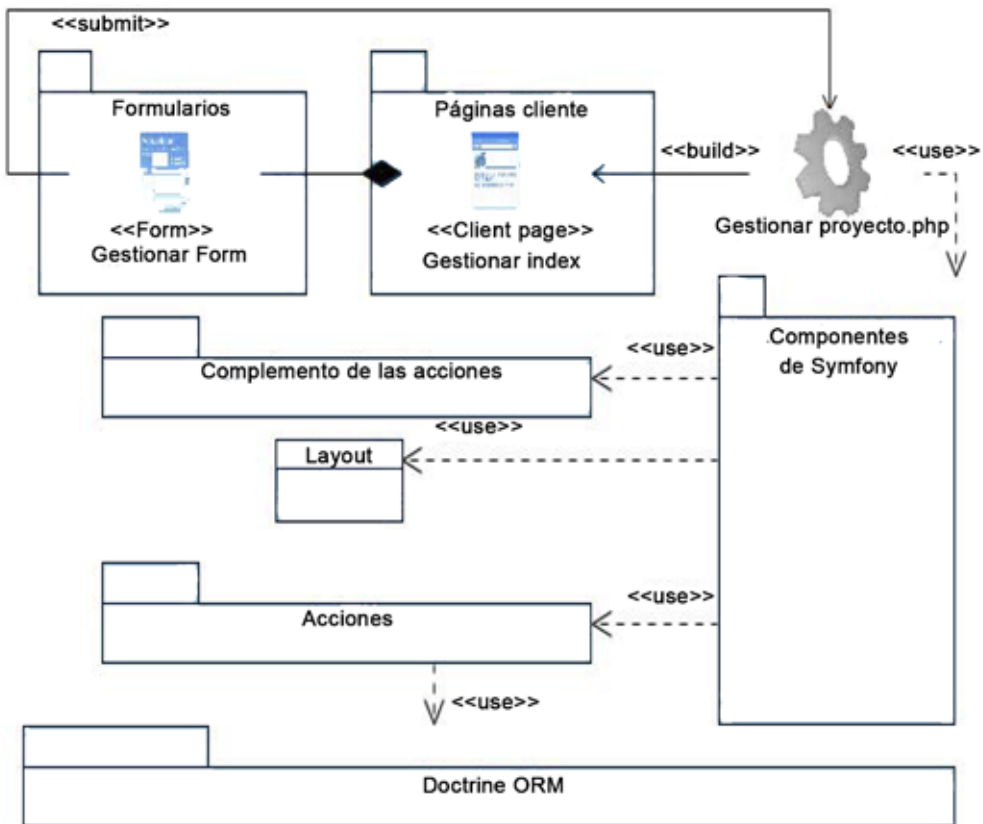
las Acciones), que se encargan de adherir, junto con el Layout, los resultados de las acciones; los cuales serán utilizados por el controlador frontal para construir las páginas cliente GestionarIndex, que finalmente serán mostradas al usuario.

c. Diagrama de despliegue del sistema

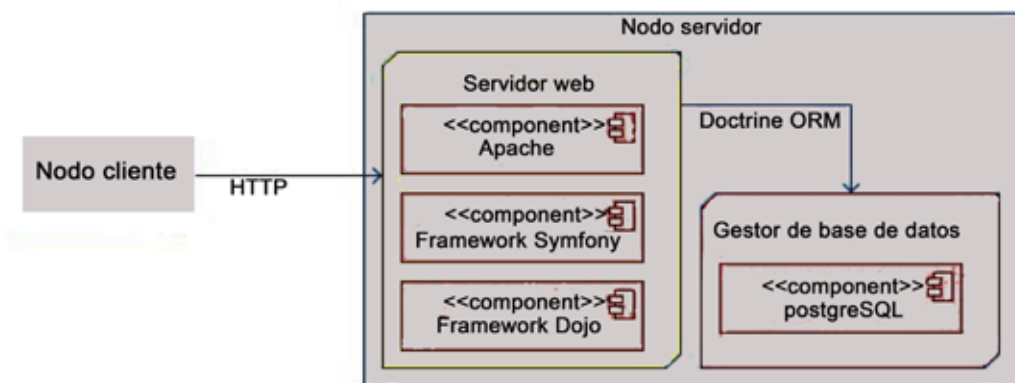
El despliegue de BiomaSoft se asocia a su aplicación y se basa conceptualmente en las conexiones entre los elementos de su configuración (la figura cuatro visualiza los componentes de software ubicados en nodos físicos). Dichos elementos consisten en un nodo servidor –ubicado en la EEPF-IH–, que encapsula al servidor web y al gestor de base de datos, los que a su vez contienen los componentes de software necesarios para su funcionamiento; y en un nodo cliente, que representa los ordenadores clientes en los escenarios que participan en el proyecto BIOMAS-CUBA, los cuales son utilizados por los coordinadores locales del M&E para procesar la información captada. En este se introduce y procesa, a través de una conexión HTTP (protocolo de transferencia de hipertexto, en inglés Hypertext Transfer Protocol), la información obtenida mediante la aplicación anual de cuestionarios y en la gestión municipal asociada a la producción integrada de alimentos y energía.

CONCLUSIONES

La producción integrada de alimentos y energía en las condiciones cubanas exige procesar y utilizar una diversa y voluminosa información para tomar decisiones locales, sectoriales y na-



Fuente: elaboración propia.
 Figura 3. Diagrama de clases del diseño del sistema.



Fuente: elaboración propia.
 Figura 4. Diagrama de despliegue del sistema.

cionales, con el propósito de incidir en políticas públicas, por lo que es necesario el apoyo de sistemas automatizados que faciliten el monitoreo y evaluación de este complejo proceso. A tal fin

contribuye la identificación de las herramientas para el diseño de BiomaSoft y la contextualización de su entorno de aplicación, presentadas en este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acebes, F.; Pajares, J.; Galán, J. M. & López-Paredes, A. A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics. *Int. J. Project Manage.* 32 (3):423-434, 2014.
- Allué, A.; Domínguez, E.; López, A. & Zapata, María A. QRP: a CMMI appraisal tool for project quality management. *Procedia Technol.* 9:664-669, 2013.
- Cowburn, P., ed. *PHP Manual*. PHP Documentation Group, 2015. <http://php.net/manual/en/index.php>. [24/05/2015].
- FAO. *Política bioenergética, mercados y comercio, y seguridad alimentaria y perspectivas mundiales de la seguridad alimentaria y de los combustibles*. Conferencia de Alto Nivel sobre la Seguridad Alimentaria Mundial: Los desafíos del cambio climático y la bioenergía. FAO, Roma, 2008a.
- FAO. *Cambio climático, bioenergía y seguridad alimentaria: opciones para las instancias decisorias de políticas identificadas por las reuniones de expertos*. Conferencia de Alto Nivel sobre la Seguridad Alimentaria Mundial: Los desafíos del cambio climático y la bioenergía. FAO, Roma, 2008b.
- FAO. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2009*. Roma: FAO, 2009a.
- FAO. *El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2009. Los precios altos de los alimentos y la crisis alimentaria*. Roma: FAO, 2009b.
- Hazir, O. A review of analytical models, approaches and decision support tools in project monitoring and control. *Int. J. Project Manage.* 33 (4):808-815, 2015.
- ISO/IEC. *Software Engineering - Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)-Requirements for quality of commercial off-the-shelf (COTS) software product and instructions for testing*. ISO/IEC 25051. Geneva, Switzerland: ISO, 2006.
- Jacobson, I.; Booch, G. & Rumbaugh, J. *The unified software development process*. 1 ed. Reading, Mass, USA: Addison-Wesley Professional. Addison-Wesley Professional Series, 1999.
- Lee, C. S.; Wang, M. H. & Chen, J. J. Ontology-based intelligent decision support agent for CMMI project monitoring and control. *Int. J. Approx. Reason.* 48 (1):62-76, 2008.
- Mahaney, R. C. & Lederer, A. L. The role of monitoring and shirking in information systems project management. *Int. J. Project Manage.* 28 (1):14-25, 2010.
- Pellerin, R.; Perrier, Nathalie; Guillot, X. & Léger, P. M. Project management software utilization and project performance. *Procedia Technology.* 9:857-866, 2013.
- Reenskaug, T.; Wold, P. & Lehne, O. A. *Working with objects: the Ooram Software Engineering Method*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1996.
- Rumbaugh, J.; Jacobson, I. & Booch, G. *The unified modeling language reference manual*. 2nd ed. Reading, MA, USA: Addison-Wesley Professional, 2004.
- SensioLabs. *Symfony*, 2012. <http://www.symfony.com>. [24/10/2013].
- Suárez, J.; Cabeza, Evelyn & Quevedo, J. *Formulación de estrategias locales para la producción integrada de alimentos y energía en seis municipios cubanos. Documento interno del proyecto BIOMAS-Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2014.
- Suárez, J. & Martín, G. J. *Resultados del Proyecto BIOMAS-CUBA 2010-2011*. Presentación al Consejo Técnico Asesor del Ministerio de la Agricultura de Cuba. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2011.
- Suárez, J.; Martín, G. J.; Sotolongo, J. A.; Rodríguez, E.; Savran, Valentina & Cepero, L. *et al.* Experiencias del proyecto BIOMAS-CUBA. Alternativas energéticas a partir de la biomasa en el medio rural cubano. *Pastos y Forrajes.* 34 (4):473-496, 2011.
- Suárez, J. & Martín, G. J., eds. *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural. La experiencia del proyecto internacional BIOMAS-CUBA*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2012.
- UNEP. UNEP in 2007 Annual Report. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2008.

Recibido el 29 de enero de 2015

Aceptado el 17 de abril de 2015