

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA DE SOFTWARE EN PYMEs

LORNEL RIVAS, MARÍA PÉREZ, LUIS MENDOZA, ANNA GRIMÁN

Universidad Simón Bolívar. Departamento de Procesos y Sistemas. Laboratorio de Investigación en Sistemas de Información (LISI), Caracas, Venezuela. {lrivas,movalles,lmendoza,agriman}@usb.ve

Recibido: abril de 2009

Recibido en forma final revisado: febrero de 2010

RESUMEN

Las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) aportan importantes recursos a la industria del software. Sus características particulares implican retos para la selección de tecnologías, como ocurre con las herramientas de ingeniería de software (HIS). Las PYMEs utilizan HIS para soportar el desarrollo de software, teniendo que decidir en cuáles HIS invertir, contando con recursos limitados, y bajo presiones determinadas por la competitividad y la productividad. Adicionalmente, los cambios y la diversidad de las HIS pueden afectar el proceso de selección. En este artículo se propone un conjunto de criterios para apoyar a las PYMEs en la selección de HIS. Estos han sido formulados con apoyo en el enfoque Goal Question Metric, y considerando estándares internacionales, tales como ISO/IEC 14102 e IEEE 1209. Después de aplicar los criterios propuestos a tres HIS, se encontró que los resultados revelan oportunidades de soporte en HIS propietarias y de código abierto, en apoyo a áreas como gestión de proyectos, el proceso de desarrollo, la facilidad de comprensión, así como la comunicación y la colaboración. Esta propuesta se plantea como base para el establecimiento de modelos de selección de HIS para las PYMEs.

Palabras clave: PYMEs, Herramientas, Ingeniería de software, Criterios de selección, Selección de herramientas.

SELECTION CRITERIA FOR SOFTWARE ENGINEERING TOOLS IN SMEs

ABSTRACT

Small and medium enterprises (SMEs) make important contributions to the software industry. SMEs particular characteristics imply challenges for the selection of technologies, such as Software Engineering Tools (SETs). SMEs use SETs to support software development; thus, they have to decide which SET to invest in, under limited resources and pressures which are determined by competitiveness and productivity. Additionally, changes in the SETs may affect the selection process. In this article, the authors propose a set of criteria to support SMEs in the selection of SETs. Such criteria have been formulated on the basis of the Goal Question Metric approach, and considering international standards such as ISO/IEC 14102 and IEEE 1209. After applying the proposed criteria to three SETs, results have revealed opportunities for support in commercial and open source SETs, as well as supporting areas such as project management, software development process, understandability, and communication and collaboration. This proposal aims to form the basis for the establishment of a SETs selection model for SMEs.

Keywords: SMEs, Tool, Software engineering, Selection criteria, Tool selection.

INTRODUCCIÓN

Las PYMEs, dedicadas al desarrollo de software, constituyen en la actualidad un conjunto creciente de organizaciones. Éstas contribuyen con aportes cada vez más importantes a las economías de diversos países, mediante su participación en la industria del software a nivel nacional e internacional (Laporte *et al.* 2005; Pino *et al.* 2006). Estas

empresas poseen características que las diferencian de organizaciones de mayor tamaño, y que pueden favorecerlas por su carácter flexible y dinámico, fuente de potenciales ventajas competitivas. Sin embargo, tales características pueden también imponerles ciertas limitaciones que las afectan en lo económico, lo humano y lo tecnológico. En este último aspecto pueden verse afectados importantes procesos, como es el caso de la selección de HIS, en las

cuales las PYMEs se apoyan para dar soporte a tareas y procesos durante el ciclo de vida del desarrollo de sus productos. De allí la importancia de que la *selección* se realice de la manera más correcta posible.

En los últimos años algunos cambios experimentados, en relación a las tecnologías de información (TI), han redimensionado el rol de las HIS en la ingeniería del software (IS). Desde finales de los 90 se demarca un proceso de evolución en las TI con importantes implicaciones para el desarrollo de software, entre los cuales destacan: el decreciente costo de la tecnología, el incremento de la funcionalidad de las herramientas de software, el advenimiento de interfaces gráficas, el reconocimiento de necesidades de estandarización de procesos y productos usados en el desarrollo de software (Lundell *et al.* 2004). Asimismo, se observan cambios en la IS, que representan nuevos desafíos para las HIS, tales como la presencia de nuevos métodos de desarrollo de software, las necesidades de intercambio efectivo de metadatos, las necesidades de soporte al trabajo colaborativo, y el incremento en la atención a la calidad (Lundell *et al.* 2004; Thramboulidis *et al.* 2004; San Feliu *et al.* 2005).

Las HIS cada día se incrementan también en número y varían en su alcance, hasta el punto de que las bondades ofrecidas por los proveedores pueden generar confusiones que afecten las expectativas de quienes planean adquirir una herramienta. Como consecuencia de tal evolución en las TI y la IS, la selección de herramientas revela una tarea compleja que debe considerar factores cada vez más diversos. Ante la necesidad de decidirse por una HIS, ciertamente los gerentes en las PYMEs podrían buscar apoyo en *estándares* ya existentes, los cuales han sido diseñados para guiar a organizaciones en general en la selección de herramientas. Sin embargo, ya se han identificado dificultades para aplicarlos en pequeños proyectos, así como también ha surgido la necesidad de consensos sobre cuáles *criterios de selección* pueden servir de orientación para este tipo de organizaciones.

En este marco, ciertas interrogantes generales en torno a la selección de una HIS pueden presentarse a los gestores de PYMEs; entre otras, se pueden mencionar las siguientes: ¿cuáles son los métodos y procesos de desarrollo de software que la empresa necesita que sean soportados por la herramienta? ¿cuánta flexibilidad se puede esperar de este soporte? ¿soportan las herramientas los esquemas actuales de conformación de grupos? Interrogantes como éstas representan importantes desafíos para las PYMEs, las cuales deben asegurarse de invertir en la HIS que mejor satisfaga sus necesidades y que a su vez les facilite adoptarla (o adoptarlas), efectivamente. En respuesta a esta situación, se propone un conjunto de criterios para apoyar a las PYMEs en la evaluación y selección de las HIS.

Considerándose que el proceso de selección de una o más HIS está fuertemente influenciado por el contexto de la empresa, se parte de establecer un marco que defina el contexto de las PYMEs desarrolladoras de software, en el cual se clasifican sus características más resaltantes en cuatro grupos: 1) *recursos financieros*, 2) *personas*, 3) *organización y proceso de desarrollo*, y 4) *comunicación*. Para la definición de los criterios, los autores se apoyan en la lógica del proceso que se define en los estándares ISO/IEC 14102 (ISO/IEC, 2008), IEEE 1209 (IEEE, 1993) e ISO / IEC 9126 (ISO/IEC, 2001). Asimismo, se ha utilizado el enfoque *Goal Question Metric* propuesto por Basili *et al.* (1994), para la definición de métricas.

La propuesta de los criterios ha involucrado no sólo su definición sino también su evaluación. Por ello, los criterios han sido aplicados a tres HIS. Tal ejercicio ha proporcionado una primera aproximación a la validez interna de nuestra propuesta, esto es, su consistencia, aplicabilidad y utilidad. Luego de esto, se puede afirmar que los criterios propuestos sirven, en primera instancia, como una herramienta inicial de orientación para las PYMEs en el proceso de toma de decisiones sobre la adquisición de HIS.

En el presente artículo, luego de exponer los trabajos relacionados, se identifica el marco orientador para la formulación de los criterios. Posteriormente, se proponen criterios de selección que parten de las necesidades de soporte de las PYMEs, y se muestran resultados de su aplicación. Finalmente, se cierra con las conclusiones y trabajo futuro.

TRABAJOS RELACIONADOS

Las HIS, ampliamente difundidas en la literatura bajo la denominación de herramientas *CASE*, son constantemente objeto de evaluación por parte de las empresas que desarrollan software. La selección de una o más HIS puede realizarse de diversas maneras, bien sea mediante listas de comprobación -comúnmente conocidas como Checklists- (Lundell *et al.* 2002), a través de métodos y metodologías de evaluación (Kitchenham, 1996), o mediante procesos definidos en estándares, como es el caso de los estándares ISO/IEC 14102(2008) e IEEE 1209 (1993).

En general, los procesos de selección de herramientas coinciden en la necesidad de establecer criterios de selección dentro de las primeras actividades a desarrollar. Tales criterios comprenden un conjunto de parámetros, estrechamente ligados a las necesidades del usuario, que servirán como referencia para evaluar las herramientas y, por lo tanto, como base para la decisión sobre su posible selección (IEEE, 1993).

Sin embargo, aun cuando existen procesos definidos exclu-

sivamente para la selección de este tipo de herramientas, principalmente en estándares internacionales, se han identificado dificultades para su aplicación en ciertos contextos empresariales, como es el caso de pequeños proyectos o pequeñas y medianas empresas (Laporte *et al.* 2005). Ello se justifica en razones como el número y la complejidad de las características involucradas, su organización interna, así como la necesidad de establecer algunos consensos sobre criterios de selección, dada la diversidad de aspectos organizacionales que pueden estar involucrados según la empresa o proyecto (Lundel *et al.* 2002).

De hecho, aunque se han propuesto criterios para dominios específicos de la IS, incluyendo los sistemas de tiempo real, la simulación de procesos de negocios, entre otros (Kornecki *et al.* 2004; Bosilj-Vuksic *et al.* 2007), existe una creciente necesidad de contar con criterios dirigidos a organizaciones con características particulares como las PYMEs (Richardson *et al.* 2007).

Ciertamente, existen en la actualidad diversas iniciativas a escala global que apuntan a apoyar a las PYMEs en diferentes áreas, como la mejora de procesos. Un ejemplo de ello es IT Mark, un servicio de certificación internacional dirigido a la calidad y la madurez en procesos técnicos y de negocios, específicamente en el ámbito de las PYMEs, el cual está siendo utilizado por estas organizaciones especialmente en países europeos (ESI, 2008). Por otro lado, resulta de interés el establecimiento de un grupo de trabajo, el ISO/IEC JTC1/SC7, para abordar las dificultades que poseen las PYMEs para aplicar estándares existentes, canalizando tal esfuerzo mediante el desarrollo de un estándar de IS acorde con las características de estas empresas (O'Connor *et al.* 2008). Sin embargo, para este momento la información disponible sobre la selección de HIS en las PYMEs sigue siendo escasa, y muy necesaria.

De los trabajos relacionados, se han tomado como referencia aspectos como: la importancia de definir criterios previos al ejercicio de selección, la estructuración formal de un proceso de selección, la necesidad de precisar objetivamente tales criterios, y la consideración permanente de la realidad organizacional. Precisamente, el aporte de este trabajo está dirigido a proporcionar criterios orientadores para un ejercicio de evaluación y selección, que resulte claramente enmarcado en las PYMEs, estableciendo el contexto necesario para apoyar la decisión de seleccionar o no una herramienta en este tipo de organizaciones.

CONTEXTO PARA LA FORMULACIÓN DE LOS CRITERIOS

Una organización que se enfrenta a la decisión sobre cuál herramienta seleccionar como apoyo a su proceso de desa-

rollo de software, puede hallar una ayuda importante en una metodología, un método o un proceso de evaluación y/o selección. Ello le facilitaría reducir los riesgos de seleccionar una herramienta inadecuada y reducir los costos asociados, puesto que la selección se realiza bajo criterios ya compartidos y asimilados por la organización.

El estándar ISO/IEC 14102 (2008), organiza la evaluación y selección de HIS mediante cuatro procesos principales: inicio, estructura, evaluación y selección. De estos procesos, es en el primero donde se definen los criterios de selección. Una organización similar es sugerida en el estándar IEEE 1209 (1993), en el cual se establecen los criterios como segundo paso del proceso; luego de que se establezcan las tareas para el ejercicio de evaluación.

De acuerdo con ISO/IEC 14102 (2008), los criterios de selección, que comprenden la descomposición de los objetivos y expectativas de adquisición, expresan la aprobación o no de la viabilidad de una decisión sobre una herramienta (ISO/IEC, 2008). Los criterios se determinan por las necesidades puntuales de la organización que planea seleccionar una o varias herramientas. De allí que los criterios de selección son entonces claramente *dependientes del contexto* de la organización que los aplica. Por ello, para fines de este trabajo, los objetivos de evaluación se limitan a establecer criterios de selección de cara a las características y necesidades de las PYMEs que desarrollan software. Para establecer este contexto se presenta a continuación el área de dominio tanto para el tema de PYMEs como para el de HIS. Sobre esta base, los criterios son posteriormente identificados.

Las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) que desarrollan software

Con el fin de proporcionar un marco que defina el contexto de las PYMEs, y sobre la base de los aportes de diversos autores que han abordado temas de IS en empresas pequeñas o en proyectos pequeños, se han organizado un conjunto de características que definen a estas organizaciones en términos de: a) las personas, b) la disponibilidad de recursos financieros; c) su organización y su proceso de desarrollo; y d) la comunicación (Mondragon, 2005; Kelly, 2005; Richardson *et al.* 2007; Harris *et al.* 2007; Rivas *et al.* 2008, entre otros). A continuación se presentan estos grupos.

Personas. Las PYMEs poseen ciertas restricciones que las caracterizan, una de las más importantes tiene que ver con la dificultad para contratar personal. Así, estas organizaciones cuentan con *pocos empleados*, con los cuales cubren el mismo rango de actividades que realizan empresas grandes (Richardson *et al.* 2007; Harris *et al.* 2007). Ésta es una de

las razones por las cuales las personas en las PYMEs suelen desempeñar *múltiples roles* (Rivas *et al.* 2008), por lo que cada empleado tiende a ser *multidisciplinario*, lo que implica que sea más generalista que especialista (Mondragon, 2005).

Los empleados se desempeñan entonces en un amplio rango de actividades, generalmente bajo fuertes *presiones de tiempo* que les hace difícil profundizar su experiencia en áreas individuales. Todo esto se traduce en un alto nivel de exigencia, que requiere de ellos altas capacidades, tales como la *capacidad de gestión* (que les permita gerenciar eficientemente los proyectos), y la *capacidad técnica* (que les permita el mejor aprovechamiento de las TI disponibles o a ser adquiridas).

La carencia de estas capacidades puede verse reflejada en situaciones como: la falta de información sobre las tecnologías disponibles, poca *experiencia* para adoptar TI, poca *motivación* de los gerentes a la inversión en estos temas, perfil conservador ante ciertas tecnologías, aprehensión a adoptar una tecnología equivocada, desconocimiento del impacto de una tecnología en la creación de valor, etc. (Estrin *et al.* 2003).

Finalmente, la práctica común de trabajar en *equipos distribuidos*, en respuesta a una infraestructura generalmente informal (Parada *et al.* 2008), y sus esquemas flexibles de organización, les facilita a las personas desempeñar sus responsabilidades, aun cuando trabajan a *tiempo parcial* o cuando se requiera su trabajo desde lugares diferentes a la oficina.

Recursos financieros. Ciertamente las PYMEs se caracterizan por sus recursos financieros limitados (Fayad *et al.* 2000). Sin embargo, estas organizaciones han sabido desarrollar estrategias que les permitan desenvolverse con éxito en ambientes altamente competitivos. Comúnmente establecen *alianzas* y se articulan en forma de red, para poder competir en proyectos de gran envergadura, a escala nacional e internacional.

Frente a estas restricciones, las PYMEs requieren ser eficientes en el uso de sus recursos. Por ejemplo, para aprovechar lo mejor posible al personal disponible, estas organizaciones centran sus esfuerzos en: el desarrollo de productos orientados a ciertas *áreas de mercado* que otras compañías han preferido delegar (Fayad *et al.* 2000), el desarrollo de componentes de software para productos desarrollados por otras compañías, y ofertas de servicio o mantenimiento (Richardson *et al.* 2007).

Así, en muchas ocasiones las PYMEs tienen una estrategia

centrada más en el producto en sí mismo que en contratos individuales (Fayad *et al.* 2000; Harris *et al.* 2007). Sin embargo, deben ser cuidadosas pues los cambios de alcance de los proyectos realizados durante el proceso de desarrollo pueden afectarlas significativamente desde el punto de vista financiero. Por ello, se manejan con flexibilidad y *eficiencia* dentro del área a la cual están dedicadas.

Organización y proceso de desarrollo. Las restricciones de recursos y la forma como se desenvuelven los equipos promueven que las personas en las PYMEs se organicen en estructuras generalmente planas o de pocos niveles jerárquicos, donde el flujo de trabajo es flexible, regido muchas veces por las necesidades del momento (El Emam, 2005; Estrin *et al.* 2003). Los diferentes roles son ejercidos con alto grado de *informalidad en las relaciones* entre los individuos, e informalidad en la infraestructura que soporta sus actividades. Estas particularidades influyen también sobre el proceso de desarrollo de software, por lo que las PYMEs suelen tener *procesos de desarrollo flexibles*, adaptados a sus necesidades y, sin embargo, muy poco definidos (Fayad *et al.* 2000). De este modo, los procesos de desarrollo de software en las PYMEs generalmente son ajustados o adaptados según las características particulares de estas organizaciones.

Esta flexibilidad está basada en una estrecha relación con los clientes, por lo que la *gestión de los cambios* es estratégica para las PYMEs, pues estos pueden afectar significativamente su presupuesto. Las PYMEs procuran reducir los riesgos del cambio manteniéndose en contacto con el cliente desde las primeras etapas del desarrollo. Para lograrlo, se apoyan en una práctica de desarrollo basado en *continuas iteraciones*, intensiva en la comunicación con el cliente (Fayad *et al.* 2000). Esta práctica les facilita desarrollar el producto en progresivos incrementos (Harris *et al.* 2007).

Comunicación. Como se ha mencionado, las PYMEs cuentan con *estructuras planas* o pocos niveles jerárquicos. Esta realidad, facilita ampliamente el *flujo dinámico de información* entre las personas. Sin embargo, facilita también la presencia de una carga subjetiva importante en sus decisiones, propiciada precisamente por un flujo comunicacional que es dinámico, pero puede ser también impreciso, dada la *informalidad en la definición de reglas* (Rivas *et al.* 2008). Esta fluidez en la comunicación se refleja también en la forma cómo las PYMEs se relacionan con el entorno. Asimismo, las *presiones de productividad* ejercidas por los clientes motivan una frecuente comunicación entre estos y las PYMEs, lo cual justifica ciertas prácticas de dichas empresas como las entregas frecuentes y el desarrollo incremental.

Se han planteado hasta el momento las características que delinear el contexto de las PYMEs que desarrollan software, organizadas en: personas, recursos financieros, organización y proceso de desarrollo, y comunicación, las cuales se sintetizan en la figura 1 mediante un modelo conceptual elaborado en lenguaje de modelado unificado (UML).

De cada una de estas características pueden derivarse ciertas necesidades de soporte de HIS, críticas en el contexto de las PYMEs, y que bien sirven de base para la propuesta de criterios de selección. Una vez establecido el contexto de las PYMEs, resulta indispensable identificar un contexto relativo a las HIS a partir del cual obtener elementos concretos sobre las posibilidades de soporte de las herramientas para estas organizaciones.

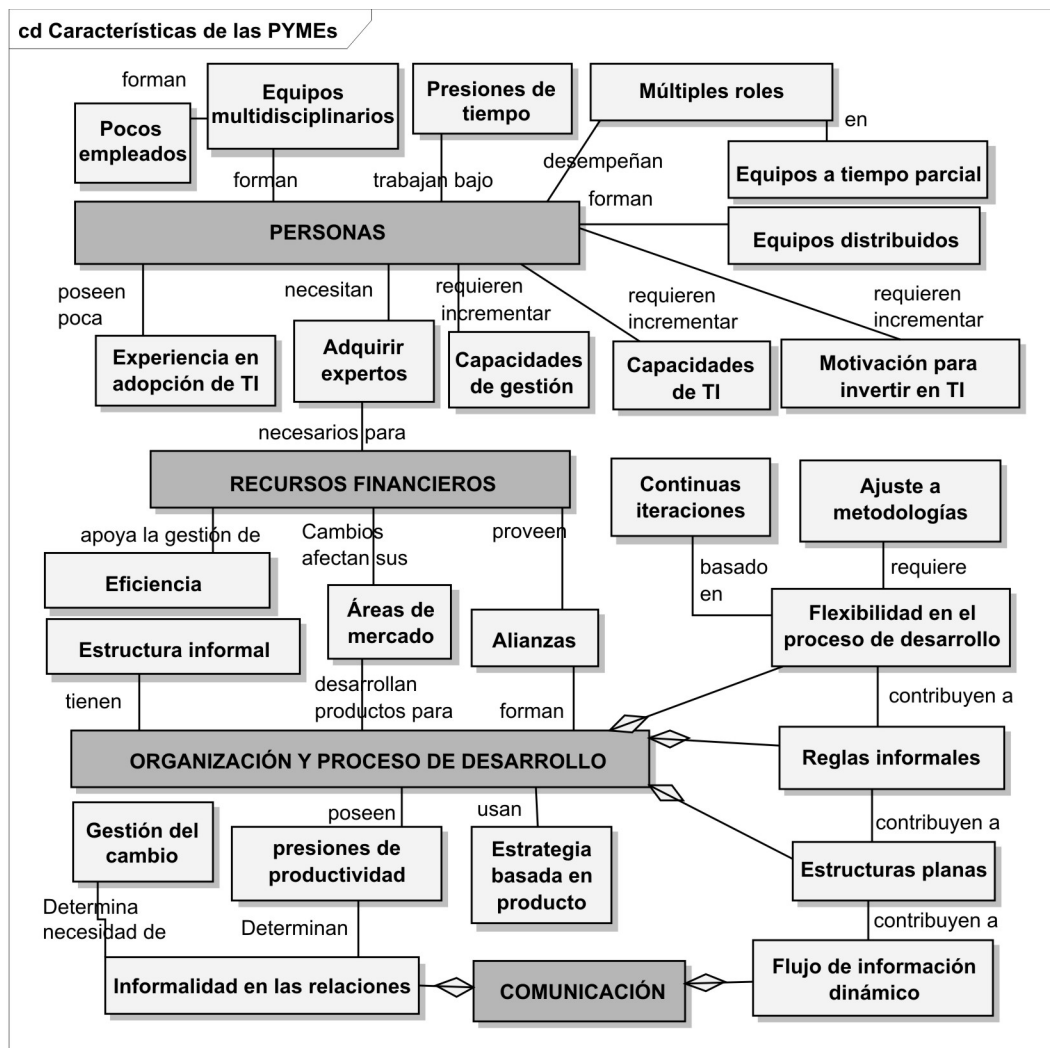


Figura 1. Características de las PYMEs.

En la siguiente sección se aborda este tema para dar paso posteriormente a los criterios propuestos.

Las herramientas de ingeniería de software (HIS)

Las HIS están dirigidas a soportar tareas y procesos en el ciclo de vida del desarrollo de sistemas de software. Considerando los cambios en las TI y en la IS, las expectativas sobre las HIS son cada vez más exigentes, ante la presencia de nuevos métodos y procesos de desarrollo de software, frente al incremento de grupos de trabajo multidisciplinarios, los desarrollos en visualización de información, los requerimientos de colaboración, etc. (Lundell *et al.* 2004; Thramboulidis *et al.* 2004; San Feliu *et al.* 2005).

En general, las HIS pueden proporcionar beneficios al equipo de desarrollo. Permiten automatizar acciones bien definidas, reduciendo la carga administrativa asociada con su aplicación, facilitando así mayor oportunidad al Ingeniero de Software para concentrarse en los aspectos creativos del proceso de desarrollo. Las HIS prestan este soporte en la forma de herramientas, bancos de trabajo, ambientes CASE, etc. En cualquiera de estos casos, es ampliamente reconocido que el soporte que brindan las HIS se traduce en mejoras a la calidad y la productividad en el diseño y desarrollo de sistemas (Kendall *et al.* 2004; Sommerville, 2005).

Sin embargo, asimismo en la literatura ya se refleja que los cambios que afectan a la industria del software son crecientes, y estos pueden hacer compleja la tarea de seleccionar una herramienta que se ajuste a las necesidades de una organización desarrolladora de software (Lundell *et al.* 2004). Por ello, para las organizaciones resulta cada vez más pertinente incrementar y profundizar en las evaluaciones sistemáticas de las herramientas, y más aún cuando los recursos son limitados, o cuando las capacidades tecnológicas y organizacionales en general requieren ser fortalecidas, como generalmente ocurre en las PYMEs.

Un reconocido grupo de especialistas ha definido la organización de las HIS de acuerdo con el soporte que brindan a la IS (IEEE, 2004). Por ello, se toma esta forma de organizarlas como una referencia para analizar el soporte que pueden ofrecer a las PYMEs. En el *Cuerpo de conocimiento de la ingeniería de software (SWEBOK)* se identifican áreas de soporte dentro de las principales fases del ciclo de vida del desarrollo de software. Considerando esta organización de las HIS, se pueden identificar posibilidades de soporte en áreas de especial interés para las PYMEs, como es el caso de la Gestión de proyectos de IS, la cual comprende actividades de apoyo a la organización de los esfuerzos y el tiempo de las personas; o, el caso de las herramientas de soporte al Proceso de IS, en las cuales las PYMEs podrían buscar apoyo para soportar la flexibilidad de sus propios procesos.

Por otro lado, las áreas de cambio, entre las cuales destacan los nuevos métodos y procesos de desarrollo de software, las necesidades de intercambio efectivo de metadatos, los nuevos desarrollos en visualización de información, el soporte al trabajo colaborativo y el incremento de aplicaciones distribuidas, entre otros, revelan posibilidades de apoyo a las PYMEs en temas como el trabajo colaborativo o las facilidades para la comunicación entre equipos geográficamente dispersos. Como se verá en la siguiente sección, el análisis del contexto de las herramientas de cara a la realidad de las PYMEs, sirve de base para la identificación de criterios de selección que se propone en este trabajo.

CRITERIOS PROPUESTOS PARA LA SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS EN PYMEs

El análisis de las PYMEs y de las HIS, ha permitido identificar ciertas actividades que, dadas las características de las PYMEs, requieren un soporte importante. Las PYMEs tienen características que afectan su proceso de desarrollo, y otras características que se traducen en importantes ventajas competitivas. Los criterios propuestos en este trabajo parten de la necesidad de identificar puntos de apoyo en las HIS que les proporcionen facilidades a los miembros del equipo para trabajar ante ciertas debilidades, y asimismo que les proporcionen mecanismos para potenciar sus ventajas. Este propósito general constituye la mayor referencia para la formulación de criterios, y ha permitido el planteamiento de ciertas interrogantes, en torno a:

- ¿Cómo pueden las HIS apoyar a las PYMEs en la gerencia de riesgos derivados de la informalidad en la planificación del proyecto? ¿Cómo pueden facilitarles la organización del esfuerzo de las personas, o el manejo eficiente de los recursos? Estas interrogantes han facilitado establecer la importancia del soporte a la *gestión de proyectos*.
- ¿Cómo pueden estas herramientas apoyar a las PYMEs ante la flexibilidad de sus procesos de desarrollo, generalmente ajustados a las necesidades del proyecto y a las propias capacidades de la empresa, y, por tanto, susceptibles a cambios? Esta interrogante ha permitido establecer la importancia del soporte al *proceso de desarrollo*.
- ¿Cómo pueden las HIS apoyar a las PYMEs, formadas por pocas personas quienes trabajan comúnmente bajo altas presiones de tiempo y de productividad, para que éstas puedan con facilidad comprender las tareas que soportan y usarlas adecuadamente, incorporándolas efectivamente como parte de su ambiente de trabajo? Esta interrogante ha facilitado establecer la importancia de que la herramienta provea *facilidades de comprensión y uso* para sus usuarios.

- ¿Cómo pueden estas herramientas apoyar los equipos, en las PYMEs, frecuentemente distribuidos, tomando el mayor provecho de tecnologías disponibles para incorporarse al trabajo colaborativo? Esta interrogante ha permitido establecer la importancia del soporte a la *colaboración y la comunicación* que puedan proveer las HIS a las PYMEs.

Partiendo de estas interrogantes y considerando el enfoque propuesto por Basili (1994), el cual, a partir de objetivos permite la formulación de preguntas y métricas, se propone un conjunto de criterios de selección de HIS con énfasis en el contexto de las PYMEs. En la figura 2 se presenta una visión general que orienta la propuesta de los criterios.

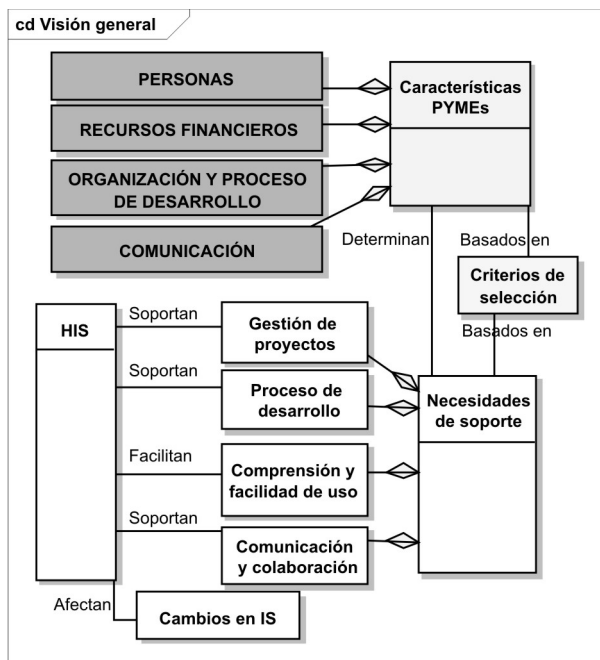


Figura 2. Visión general de los criterios con respecto a las características de las PYMEs.

En adelante se presentan los criterios propuestos, considerando su relación con las características de las PYMEs. De allí que para cada grupo de criterios se expone mediante respectivos diagramas las principales relaciones identificadas entre tales características y las posibilidades de soporte de las herramientas. De forma complementaria, se definen a su vez los criterios en un conjunto de tablas, todo ello con el fin de complementar la argumentación de su relevancia en el ámbito de las PYMEs.

Criterios dirigidos a apoyar la gestión de proyectos en PYMEs

La gestión de proyectos de desarrollo de software, o gestión de la IS (IEEE, 2004), ofrece un enfoque sistemático a todas las etapas del proyecto, asegurando que cada paso es planificado, monitoreado y medido (Mendoza *et al.* 2008).

De este modo, la coordinación de las actividades requiere un esfuerzo de gestión, principalmente dado el carácter dinámico y complejo que suele caracterizar a un proyecto de este tipo. Esto se hace más evidente cuando el proyecto es realizado bajo ciertas restricciones, que pueden afectar la disponibilidad de recursos, como ocurre en el caso de las PYMEs, restricciones que determinan la necesidad de adoptar un enfoque simplificado para la gestión de los proyectos (Murphy *et al.* 2007).

Así como existe escasa información disponible en la literatura sobre herramientas de soporte a PYMEs desarrolladoras de software, se ha identificado también la falta de trabajos dirigidos a resolver cuestiones relacionadas con la gestión de proyectos en empresas de pequeña a mediana envergadura. Sin embargo, existen estudios que señalan que pequeñas empresas han demostrado un uso limitado de las técnicas de gestión de proyectos, y han obtenido escasos beneficios en términos de mejoras sobre sus procesos y productos (Murphy *et al.* 2007). De allí que las técnicas y las herramientas de gestión de proyectos bien podrían apoyar a estas organizaciones, siempre que ciertas condiciones de su entorno sean consideradas. Particularmente, destacan las siguientes situaciones:

- Las decisiones poseen una fuerte carga cualitativa, que puede afectar el manejo de los recursos financieros, o la planificación de los esfuerzos de las personas.
- Los mecanismos de comunicación muchas veces no dejan registros sobre históricos de costos, o de tiempos, que sirvan de apoyo a la planificación de nuevos proyectos.
- Sobre los esquemas de conformación de los equipos, las PYMEs necesitan organizar lo mejor posible tanto el trabajo de las personas como la información relevante al proyecto, para canalizar sus esfuerzos con eficiencia y efectividad.

La posibilidad de contar con registros detallados de ítems de esfuerzos puede apoyar a la organización de las actividades. Asimismo, la estimación de tiempo y recursos puede apoyar la eficiencia del equipo de desarrollo. Contar con el apoyo de una HIS para la planificación y seguimiento del proyecto, facilita a la PYME manejar el proyecto con eficiencia en el uso de recursos, e incorporar elementos que proporcionen objetividad en las decisiones (mediante el uso de métricas, o de ítems de riesgos). Partiendo de ello, se propone en la tabla 1 un conjunto de criterios de selección sobre la gestión del proyecto. Posteriormente, su relación con las características de las PYMEs se muestra en la figura 3.

Tabla 1. Criterios dirigidos a la gestión de proyectos.

Criterio	Descripción
Estimación de costos y agendas	Estimación de costos y agendas incluyendo su representación gráfica mediante diagramas.
Planificación	Entrada y análisis de datos de planificación del proyecto, incluyendo la asignación de tareas, responsabilidades y recursos.
Seguimiento de proyectos	Entradas de datos sobre actividades del proyecto, incluyendo la gestión de incidentes o issues.
Ítems de riesgos	Riesgos asociados con un elemento de un modelo, considerando prioridades, niveles de importancia.
Ítems de esfuerzos	Detalles sobre el esfuerzo requerido para ciertas actividades, asociado con un elemento de un modelo.
Anexo de métricas	Especificación de métricas para cualquier elemento de un modelo.



Figura 3. Criterios para la gestión de proyectos y características de las PYMES.

Criterios dirigidos a apoyar el proceso de desarrollo de software de las PYMEs

La gestión tiene alcance sobre todo el proceso de desarrollo de software. El proceso implica el uso de métodos, que comprenden a su vez diversos conjuntos de tareas, así como de herramientas, que apoyan en la automatización tanto del proceso como de los métodos.

De acuerdo con las características de la organización desarrolladora de software, los procesos de desarrollo pueden presentar ciertas diferencias, que pueden hacer que los procesos se enmarquen en metodologías de desarrollo planificadas, o disciplinadas, o por el contrario en otras más ágiles y, por tanto, más flexibles (Parada *et al.* 2008). Por otro lado, resulta importante considerar que aunque las HIS han evolucionado en cuanto al soporte que pueden prestar a diferentes métodos, la flexibilidad del proceso puede implicar el uso de técnicas asociadas a varios de ellos.

Las PYMEs se apoyan en procesos de desarrollo marcados por ciclos cortos y que poseen informalidad en diversos aspectos de su organización que afectan el proceso de desarrollo. De allí que estos procesos son en esencia procesos flexibles, adaptados a las necesidades de las PYMEs. En este contexto, la posibilidad de que una herramienta cuente con la flexibilidad que facilite el ajuste al proceso de una PYME, resulta de especial relevancia en el contexto de estas organizaciones.

Por otro lado, el proceso de desarrollo de las PYMEs está marcado por un flujo de comunicación con los clientes que es permanente, generalmente informal, y por tanto, susceptible a la subjetividad. Esta subjetividad significa para las PYMEs una necesidad de manejar adecuadamente los cambios que surjan en esta interacción durante la gestión de requerimientos, por lo que se propone criterios dirigidos al soporte a esta disciplina. Asimismo, las actividades de análisis y diseño en el proceso de desarrollo de la PYME, son afectadas por este carácter flexible del proceso. Por ello, se proponen en este apartado criterios dirigidos al modelado.

Adicionalmente, se proponen criterios de soporte al control de versiones, en apoyo a la disciplina de gestión del cambio y la configuración, tomando en cuenta que ayudan al equipo en las PYMEs a desempeñar sus actividades con eficiencia en el proceso de desarrollo. En las tablas 2, 3 y 4 se presentan los criterios propuestos en apoyo al proceso de desarrollo.

Tabla 2. Criterios dirigidos al ajuste del proceso.

Criterio	Descripción
Selección flexible de actividades y diagramas	Personalización de actividades del proceso, seleccionando y adaptando los entregables a elaborar según las necesidades de la PYME.
Orientación y seguimiento en proceso de desarrollo	Orientación y seguimiento a los usuarios según definición de la PYME sobre su proceso de desarrollo.

Tabla 3. Criterios dirigidos al modelado.

Criterio	Descripción
Desarrollo de diagramas	Entrada y edición de diagramas en los lenguajes de modelado que utilice la organización.
Prototipos	Generación de prototipos sobre la base de requerimientos e información de diseño.
Especificación de requerimientos	Entrada y edición de especificaciones de requerimientos y chequeo de su consistencia y completitud en relación con constructos y reglas permitidas.
Modificación de requerimientos	Ajustes en los datos registrados para cada requerimiento durante el desarrollo del proyecto.
Importación de requerimientos	Importación de requerimientos de otros formatos y/o fuentes y poder manejarlos como parte de los que han sido creados mediante la herramienta.
Organización de requerimientos	Organización de requerimientos de acuerdo con diferentes criterios que faciliten su análisis y su gestión.
Trazabilidad de requerimientos	Análisis de trazabilidad, llevando información desde la especificación de requerimientos hasta el diseño.

Tabla 4. Criterios dirigidos al control de versiones.

Criterio	Descripción
Control de acceso	Control de acceso a elementos de datos. Puede incluir especificación de componentes de solo lectura, restricciones de acceso, etc.
Actualización de copias locales	Actualización de copias locales, haciéndolas disponibles para el resto del equipo del proyecto.
Cambios en proyecto–Commit	Integración de copias de los cambios hechos a una copia local de un archivo sobre un repositorio.
Control de modificaciones	Modificación específica a un documento bajo control de versiones.
Comparación de versiones	Comparación de versiones, también llamadas revisiones, de un mismo archivo en un proyecto
Detección de conflictos de versiones	Identificación de conflictos (entre archivos, en números de líneas de un mismo archivo, etc.).
Soporte a repositorios basados en SMBD	Soporte a repositorios basados en diferentes Sistemas Manejadores de Bases de Datos SMBD, o en el que la organización requiere.

Criterios sobre facilidades para la comprensión y el uso de la herramienta

Las PYMEs tienen generalmente dificultades para adquirir personas especializadas, por lo que para estas organizaciones es de gran valor contar con HIS que les provean facilidades para la comprensión sobre las tareas que soportan y sobre la forma como permiten automatizarlas. En apoyo a estas prácticas, se plantea un conjunto de criterios dirigidos a características funcionales de la herramienta (*Flexibilidad en la documentación y Flexibilidad en la visualización de la información*) y otras de *Usabilidad* de la herramienta, siendo la usabilidad una característica de calidad de producto de software definida en el estándar ISO/IEC 9126 (2001).

Este soporte puede contribuir de forma importante al aprovechamiento de las fortalezas del equipo. Asimismo, contribuye a minimizar las barreras de adopción tecnológica, pues propician un acercamiento de las personas a las tecnologías, con efectos positivos en su motivación, su disposición a invertir tiempo y recursos, etc. En las tablas 5, 6 y 7 se presentan los criterios propuestos.

Tabla 5. Criterios dirigidos a la flexibilidad en la documentación.

Criterio	Descripción
Reportes basados en plantillas	Generación de reportes en forma de plantillas, que faciliten la posterior edición y reutilización de los mismos.
Reportes en diferentes formatos	Generación de reportes en diferentes formatos, tales como archivos pdf, txt, entre otros.
Facilidades para copiar y pegar	Copias e inserciones en otros documentos a partir de de texto y gráficos generados.

Tabla 6. Criterios dirigidos a la flexibilidad en la visualización de la información.

Criterio	Descripción
Acoplamiento de ventanas	Facilidades para organizar ventanas en el espacio de trabajo de la herramienta.
Personalización de ventanas	Facilidades para personalizar la organización de ventanas en el espacio de trabajo de la herramienta, guardando esta configuración para un determinado usuario.
Personalización de barras de herramientas y menús	Facilidades para organizar opciones establecidas por defecto en barras de herramientas y menús.
Enlaces entre modelos	Enlaces entre elementos que hacen parte de diferentes modelos, tales como clases.
Facilidades de búsqueda	Opción de hacer búsqueda de elementos de un modelo dentro de un proyecto.
Opciones de color,	Facilidades para cambiar la apariencia de colores de la interfaz.
Diagramas en varios formatos	Generación de reportes en formatos que pueden incluir PDF, y JPEG para los modelos, entre otros.

Tabla 7. Criterios dirigidos a la usabilidad.

Criterio	Descripción
Amigabilidad	Habilidad para ser integrada en las actividades del usuario, considerando los conceptos y procedimientos que son parte del dominio y cultura del mismo.
Orientación al usuario	Habilidad para proveer al usuario conocimiento sobre estatus de la operación de la herramienta.
Homogeneidad	Consistencia lógica entre las aplicaciones dentro de una aplicación o entre aplicaciones.
Adaptabilidad	Habilidad de la interface para adaptarse a varios requerimientos de tareas, estrategias, hábitos y modos de cultura.
Concisión	Reducción de pasos requeridos para identificar y memorizar, y con los cuales se incrementa la eficiencia del diálogo.
Facilidad de aprendizaje	La capacidad para habilitar al usuario el aprendizaje de la aplicación.

Criterios dirigidos a apoyar la comunicación y colaboración en la PYME

La comunicación y la colaboración marcan una tendencia importante en el desarrollo de las HIS. Para las PYMEs esta tendencia puede significar importantes ventajas, si se cuenta con las tecnologías adecuadas. Los equipos en las PYMEs tienden a necesitar facilidades para trabajar de manera geográficamente distribuida. El *soporte a la comunicación* puede ayudar a la fluida distribución de los avances del proyecto y, en general, al flujo del conocimiento generado en el proceso (Richardson *et al.* 2007; Segupta, 2006). Asimismo, la disponibilidad de Internet y groupware representan oportunidades para apoyar la comunicación interna.

Las entregas basadas en Internet permiten disponer de entregables rápidamente y hacerlos accesibles a las personas (bien sean los clientes o el equipo de analistas). Al mismo tiempo, pueden apoyar la eficiencia en el uso de los recursos financieros pues les permitirían ahorrar costos de la impresión en papel. Asimismo, el soporte que prestan las herramientas al conformar ambientes de software (IEEE, 2004) proporciona posibilidades para una mejor cooperación y colaboración.

Por otro lado, la ingeniería de requerimientos colaborativa es también una oportunidad para las PYMEs, pues se ajusta a la manera como se conforman las personas (Hersbleb, 2007). Por ello, se proponen de *soporte a la colaboración*

en la *gestión de requerimientos*. Estos criterios están dirigidos específicamente a las personas y su condición de equipos distribuidos y de tiempo compartido.

De la misma manera, el soporte de las HIS al trabajo colaborativo puede proporcionar oportunidades para la elaboración o modificación conjunta de documentos a lo largo del proceso de desarrollo. Es en este sentido, que se agregan en este apartado un conjunto de criterios dirigidos a la *colaboración en la documentación*.

Finalmente, las tecnologías como Internet y groupware llevan a que el compartir información y datos sea una tarea simple y factible. Sobre este tema se propone un conjunto de criterios sobre el *soporte a la comunicación del equipo*.

En las tablas 8, 9 y 10 se presentan los criterios propuestos sobre el soporte a la comunicación y colaboración.

Tabla 8. Criterios dirigidos a la colaboración en la gestión de requerimientos.

Criterio	Descripción
Modificación remota de requerimientos.	Realización de modificaciones en los requerimientos, desde distintas locaciones y con respectivo control de acceso.
Servicios de notificación a usuarios.	Habilidad para informar a miembros del equipo sobre cambios, asignación de responsabilidades, entre otros, vía correo electrónico u otros mecanismos.
Crear vistas de requerimientos para acceso remoto.	Generación de vistas para que miembros del equipo con diferentes roles puedan acceder de forma remota, con respectivo control de acceso.

Tabla 9. Criterios dirigidos a la colaboración en la documentación.

Criterio	Descripción
Reportes en HTML	Generación de reportes publicables en web, en formato HTML, y por tanto accesibles para los miembros del equipo.
Edición colaborativa de artefactos	Edición colaborativa documentos generados durante el proceso de desarrollo.
Actualizar y descargar documentos	Actualización de un repositorio de documentos, con respectivo control de acceso.

Tabla 10. Criterios dirigidos a la comunicación del equipo.

Criterio	Descripción
Correo electrónico	Habilidad de soportar correo electrónico interno en apoyo a los miembros del equipo.
Capacidades de chat	Soporte a comunicación vía chat, facilitando conversaciones entre miembros del equipo y por tanto apoyando el flujo de comunicación.
Manejo de grupos	Soporte a organización y manejo de grupos según perfiles de usuario.

En este punto resulta relevante mencionar que, de forma adicional al sustento teórico que ha permitido la definición de los criterios, se han encontrado coincidencias con planteamientos realizados por PYMEs venezolanas dedicadas al desarrollo de software, las cuales han confirmado la utilidad en sus propios contextos de temas como el soporte para modelado (diagramas de clases, de secuencia, de casos de uso), así como han también coincidido en la identificación de ciertas necesidades de soporte en torno a la gestión de requerimientos, la gestión de proyectos y la disponibilidad de métodos y herramientas que se ajusten a sus realidades (Pérez *et al.* 2008).

APLICACIÓN INICIAL DE LOS CRITERIOS PROPUESTOS

En general, los procesos de evaluación y selección de HIS coinciden en que los criterios de selección deben ser establecidos como repuesta a las necesidades de los usuarios. Sin embargo, existen diferencias en torno a la forma cómo se plantea su uso: en algunos casos los criterios constituyen una base para orientar la definición de características más específicas que serán evaluadas posteriormente (ISO/IEC, 2008); o, en otros, pueden servir de forma directa para la evaluación (IEEE, 1993). Para fines de este trabajo, se ha considerado que los criterios por sí mismos pueden definir la expresión a nivel operacional de las características que serán evaluadas, en razón de su grado de definición y granularidad.

Una vez establecidos los criterios de selección, se han identificado tres HIS con el fin de realizar una validación inicial de los mismos. Tales herramientas son: Enterprise Architect (EA), StarUML (SU) y Visual Paradigm (VP), de la cual se han considerado específicamente VP for UML y VP Teamwork Server. La identificación de estas HIS se realizó mediante una consulta en la lista de proveedores del grupo OMG (2008), lo que permitió seleccionar EA y VP, ambas disponibles en el grupo de investigación. Por otro lado, SU

fue seleccionada por poseer características comprobadas de soporte al proceso de desarrollo y por tratarse de una herramienta de código abierto (Alfonzo *et al.* 2008), lo que puede significar ventajas para las PYMEs en términos de inversión. Ésta fue descargada en su versión más reciente del sitio web oficial.

Las tres herramientas fueron sometidas a una verificación paso a paso con respecto a la presencia de los criterios propuestos. Los resultados se presentan en la tabla 11. Una vez evaluadas estas HIS, se observa que los criterios sobre gestión de proyectos fueron satisfechos en un 100% por EA, a diferencia de las restantes que no alcanzaron a satisfacer ninguno de estos. Esto revela el potencial de EA para una PYME con marcadas necesidades en esta área.

En este punto es importante destacar lo siguiente: como se ha expuesto con anterioridad, las HIS pueden tener alcances bien definidos, hacia los cuales enfocan su funcionalidad. Particularmente, los productos VP y SU se orientan claramente a soportar ciertas actividades del desarrollo de software, razón por la cual el hecho de que estas herramientas no soporten otras actividades –como es el caso de las de gestión de proyectos– resulta relevante para una decisión sólo en la medida que: a) la PYME considere este tema como una necesidad, y b) que no estén además siendo soportadas efectivamente por ninguna otra herramienta disponible en la organización.

Por otro lado, sobre la base de los resultados que se muestran en la tabla 11, se observa que VP obtuvo el mayor porcentaje de satisfacción en el soporte al proceso de desarrollo (94,11%), seguido por EA (77,77%) y SU (11,11%). Las razones de esto radican en el soporte al modelado y al control de versiones. Sobre este punto, llama la atención que, a pesar de haber obtenido un resultado general comparativamente menor respecto a las otras dos herramientas, SU ofrece soporte al desarrollo y la selección flexible de actividades y diagramas, dos funcionalidades de importancia para las PYMEs en lo relativo a su proceso de desarrollo.

Tabla 11. Resultados de la aplicación inicial de los criterios a tres HIS.

CRITERIOS		EA	SU	VP	
Gestión flexible de proyectos	Estimación de costos y agendas	√			
	Planificación	√			
	Seguimiento de proyectos	√			
	Ítems de riesgos	√			
	Ítems de esfuerzos	√			
	Anexo de métricas	√			
Soporte al proceso de desarrollo	Selección flexible de actividades y diagramas	√	√	√	
	Orientación y seguimiento en proceso de desarrollo				
	Desarrollo de Diagramas	√	√	√	
	Prototipos			√	
	Análisis de requerimientos	√		√	
	Especificación de requerimientos	√		√	
	Modificación de requerimientos	√		√	
	Importación de requerimientos	√		√	
	Organización de requerimientos	√		√	
	Trazabilidad de requerimientos	√		√	
	Control de acceso	√		√	
	Actualizar copias locales	√		√	
	Cambios en proyecto - <i>commit</i>	√		√	
	Control de modificaciones	√		√	
	Comparación de versiones			√	
	Detección de conflictos de versiones			√	
	Soporte a repositorios basados en SMBD	√		√	
	Facilidades para la comprensión y el uso de la herramienta	Reportes basados en plantillas	√	√	√
		Reportes en diferentes formatos	√	√	√
Facilidades para <i>copiar y pegar</i>		√	√	√	
Acoplamiento de ventanas		√		√	
Personalización de ventanas		√		√	
Personalización de barras de herramientas y menús		√	√	√	
Enlaces entre modelos		√		√	
Facilidades de búsqueda		√	√	√	
Opciones de color		√	√	√	
Diagramas en varios formatos		√	√	√	
Amigabilidad		√	√	√	
Orientación al usuario		√	√	√	
Homogeneidad		√	√	√	
Adaptabilidad		√	√	√	
Concisión		√	√	√	
Facilidad de aprendizaje		√	√	√	
Soporte a la comunicación y colaboración	Modificación remota de requerimientos			√	
	Servicios de notificación a usuarios				
	Crear vistas de requerimientos para acceso remoto			√	
	Reportes en HTML	√		√	
	Edición colaborativa de artefactos				
	Actualizar y descargar documentos			√	
	Correo electrónico				
	Capacidades de chat				
	Manejo de grupos			√	

Teniendo esto en consideración, y siendo SU una herramienta de código abierto, es posible establecer estrategias de inversión que motiven el uso de HIS, en conjunto, para soportar actividades específicas, en lugar de colocar recursos financieros disponibles en una herramienta de amplio alcance. Así, si una PYME requiere una HIS que le permita modelar en un lenguaje determinado, entonces la no satisfacción de otros criterios no necesariamente impactará en la selección final de dicha herramienta.

Siguiendo con los resultados de la evaluación mostrados en la tabla 11, los criterios relativos a las facilidades para la comprensión y el uso de la herramienta, han arrojado los niveles de satisfacción: 100%, para EA; 87,5% para SU y 100%, para VP. Esto revela que los fabricantes hacen esfuerzos en las características que mejoran la usabilidad. Finalmente, en cuanto al soporte a la comunicación y la colaboración, se obtuvieron resultados menos favorables: 11,11% para EA; 0% para SU y 55,55% para VP. Así, siempre que este tema sea considerado un objetivo o necesidad que deba ser soportado por una HIS en una PYME en particular, resulta muy probable que ésta se debería inclinar por VP. Asimismo, como resultados generales, y destacando la consideración de que las diferencias tanto del alcance de las HIS como de los requerimientos de las PYMEs determinan finalmente la efectividad en el uso de los criterios propuestos, los porcentajes generales de satisfacción alcanzados son: 72,22% para EA; 24,65% para SU; y 62,42% para VP.

Una vez analizados estos resultados, es importante tener en cuenta que aunque las HIS son generalmente ofrecidas en diversas formas (versiones empresariales integradas y otras que se ofrecen en la forma de productos puntuales), la consideración de estas posibilidades dependerá principalmente de los requerimientos de las PYMEs, además de otras variables como los costos, esquemas de licenciamiento y soporte técnico, entre otras que están fuera del alcance de este trabajo.

Si bien se han identificado criterios que son satisfechos por las tres HIS, pueden existir diferencias en el nivel de especialización con el cual éstas abarcan cada una de las funcionalidades involucradas. Tales diferencias serán abordadas en una siguiente etapa de esta investigación donde se desarrollarán métricas en el contexto de la conformación de un modelo de calidad para HIS, dirigido a las PYMEs. Por último, más allá de los resultados obtenidos acerca de tres HIS particulares, y la comparación de los mismos con el propósito de la selección de aquella HIS que mejor satisface las necesidades de una PYME, se puede afirmar que la aplicación de los criterios propuestos ha permitido validar aspectos internos de la propuesta, como son la consistencia entre criterios, la coherencia de la estructura propuesta, la

adecuación del nivel de definición de cada criterio, y la factibilidad de su aplicación. Asimismo, esta experiencia ha permitido comprobar la utilidad de la propuesta al arrojar luz al proceso de evaluación y selección de HIS en el contexto de una PYME.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Las industrias nacionales de software tienen en las PYMEs una oportunidad estratégica para potenciar las capacidades locales en este sector. Estas organizaciones han experimentado un creciente desarrollo y son complejas las variables del entorno en el que se desenvuelven. Esto representa importantes retos para las decisiones a las que se enfrentan los gestores en las PYMEs.

Estándares y metodologías dirigidos a la selección de herramientas de desarrollo de software, o herramientas CASE, reconocen que los ejercicios de evaluación y selección están ampliamente influenciados por el contexto de la empresa. Se ha observado que la flexibilidad propia de las PYMEs se refleja en sus prácticas de gestión de proyectos, en sus procesos de desarrollo y en sus relaciones intra e inter organizacionales. Por otro lado, sus restricciones, junto al ambiente competitivo de las industrias del software, motivan a estas empresas a incorporar progresivamente actividades de la IS en las cuales requieren fortalecerse, como aquellas relativas a la calidad.

Ante los cambios que emergen en las TI, en la IS, y en las mismas HIS los gestores deben tomar decisiones sobre herramientas que ellos esperan satisfagan lo mejor posible sus expectativas. Sin embargo, se observa que existe una percepción general en las PYMEs de que los estándares, en los cuales se definen procesos y características para la selección de herramientas, no se adecuan a su contexto organizacional, siendo común observar impresiones como la de que estos estándares resultan para estas empresas complejos y de difícil acceso. Es así como tales decisiones pueden ocurrir en un entorno marcado por un grado importante de incertidumbre, dado que la misma información de los proveedores puede ser difusa, las herramientas disponibles son numerosas y los gestores no siempre tienen la información que les permita evaluarlas con objetividad, entre otras razones.

Los criterios de selección que se proponen están dirigidos a apoyar a las PYMEs en la evaluación y selección de HIS. Estos se organizan en cuatro grupos: gestión de proyectos, soporte al proceso de desarrollo, facilidades para la comprensión y el uso de la herramienta, y soporte a la comunicación y colaboración. Estos criterios se han aplicado, en una etapa inicial, a las herramientas: Enterprise Architect,

StarUML, y Visual Paradigm –específicamente los productos *VP for UML* y *VP Teamwork Server*.

Sin embargo, aunque los criterios forman la base del proceso de evaluación y selección, resulta necesario especificar su uso en el proceso de evaluación (IEEE, 1993). Se espera que los criterios propuestos puedan ser utilizados por las PYMEs en su proceso de selección a través de un modelo que incluya su medición mediante métricas. De este modo, la aplicación de los criterios puede darse en varios escenarios, tales como: 1) la evaluación de una herramienta, mediante el establecimiento de niveles mínimos de satisfacción para cada criterio, y la actividad de determinar si la herramienta cumple o no esos niveles esperados; 2) la selección de una o varias herramientas de un conjunto de herramientas candidatas, comparando los valores obtenidos para cada criterio y ponderando los mismos de acuerdo con la necesidad que orienta el proceso de evaluación, para así decidirse por la herramientas que arroje los mejores resultados.

Sobre esta base, trabajos futuros se orientarán a la propuesta, evaluación y refinamiento de métricas, al desarrollo de estudios de campo y a la elaboración de instrumentos orientadores, hasta la completa formulación de un modelo dirigido a PYMEs, que facilite la evaluación y selección de herramientas de apoyo a diversas áreas de la IS. La visión del grupo es que este pueda ser aplicado a PYMEs en Venezuela, contribuyendo así a la efectividad de sus procesos de adopción tecnológica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Fondo Nacional para la Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) de Venezuela, proyecto G-2005000165.

REFERENCIAS

- ALFONZO, O., DOMÍNGUEZ, K., RIVAS, L., PÉREZ, M., MENDOZA, L., ORTEGA, M. (2008). Quality Measurement Model for Analysis and Design Tools based on FLOSS. Proc. of 19th Australian Software Engineering Conference ASWEC 2008, Perth, Western Australia, pp. 258-267.
- BASILI, V., GIANLUIGI, C., ROMBACH, D. (1994). Goal Question Metric Paradigm. Encyclopedia of Software Engineering, Volume 1, pp. 528-532, edited by John J. Marciniak, John Wiley & Sons, pp. 528-532.
- BOSILJ-VUKSIC, V., CERIC, V., HLUPIC, V. (2007). Criteria for the Evaluation of Business Process Simulation Tools, Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management, 2, pp. 73-88.

- EL EMAM, K. (2005). Multi-Method Evaluation of the Practices of Small Software Projects, Proc. First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, Pittsburgh, PA, pp. 12-17
- ESI (2008). ITMARK. Publicado por European Software institute. Recuperado en noviembre de 2008 de: <http://www.esi.es/index.php?op=15.1.2>
- ESTRIN, L., FOREMAN, J., GARCÍA, S. (2003). Overcoming Barriers to Technology Adoption in Small Manufacturing Enterprises (SMEs), Technical Report CMU/SEI-2003-TR-012.
- FAYAD, M., LAITINEN, M., WARD, R. (2000). Software engineering in the small, Communications of the ACM, march, vol. 23, no. 3, pp. 115-118.
- HARRIS, M., AEBISCHER, K., KLAUS, T. (2007). The Whiteater process: software product development in small IT business, Communications of the ACM, vol. 50, no. 5, pp. 89-93.
- HERBSLEB, J. (2007). Global Software Engineering: The Future of Socio-technical Coordination. Future of Software Engineering (FOSE'07). IEEE Computer Society, pp. 188-198.
- IEEE (1993). IEEE Recommended Practice for the Evaluation and Selection of CASE Tools. IEEE Std 1209.
- IEEE (2004). Guide to the software engineering body of knowledge SWEBOK. A project of the IEEE Computer Society Professional Practices Committee. USA: IEEE computer Society.
- ISO/IEC 14102 (2008). Information Technology—Guideline for the evaluation and selection of CASE tools. ISO/IEC JTC1/SC7.
- ISO/IEC. (2001) ISO/IEC 9126-1:2001, Software engineering-product quality-Part 1: Quality model edition: 1.
- KELLY, G. (2005). Barriers to adoption of the CMMI process model in small settings, Proc. of First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, Pittsburgh, PA, pp. 18-22.
- KENDALL, K., KENDALL, J. (2004) Systems analysis and design, 6th Ed. USA: Prentice Hall.
- KITCHENHAM, B. (1996). Evaluating software engineering methods and tools. Part 1: The evaluation context and

- evaluation methods. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 21(1), pp. 11–14.
- KORNECKI, A., ZALEWSKI, J. (2004). Criteria for Software Tools Evaluation in the Development of Safety-Critical Real-Time Systems, Proc. of International Conference on Probabilistic Safety Asses Payments and Management, Berlin, Germany.
- LAPORTE, C., APRIL, A. (2005). Applying Software Engineering Standards in Small Settings: Recent Historical Perspectives and Initial Achievements Proc. of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, Pittsburgh, PA, pp. 39-51.
- LUNDELL, B., LINGS, B. (2002). Comments on ISO 14102: the standard for CASE-tool evaluation. Computer Standards & Interfaces 24, pp. 381–388.
- LUNDELL, B., LINGS, B. (2004). Changing perceptions of CASE technology, Journal of Systems and Software, 7(2), pp. 271-280.
- MENDOZA, L., PÉREZ, M., MÉNDEZ, E., BÁEZ, W. (2008). Support disciplines for systems development in SMEs, A Conceptual Map.”, In: Internacional Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS 2008. Barcelona, España.
- MURPHY, A., LEDWITH, A. (2007). Project management tools and techniques in high technology SMES. Managemern research news. Vol 30, no. 2.
- MONDRAGÓN, O. (2005). Addressing infrastructure issues in very small settings, Proc. of First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, Pittsburgh, PA, pp. 5-11.
- O’CONNOR, R., BADD00, N., SMOLANDER, K., MESSNARZ, R. (2008). Software Engineering Lifecycle Standard for Very Small Enterprises. Communications in Computer and Information Science. Software Process Improvement 15th European Conference, EuroSPI 2008, Dublin, Ireland.
- OMG (2008). UML vendor directory listing. Publicado por OMG Group. Recuperado en noviembre de 2008 de <http://uml-directory.omg.org/vendor/list.htm>
- PARADA, D., DI PAULA, G., MENDOZA, L., PÉREZ, M. (2008). Disciplina y agilidad en el proceso de desarrollo de software para SMEs y cooperativas en Latinoamérica. Proc. of VII Jornadas iberoamericanas de ingeniería de software e ingeniería de conocimiento. Guayaquil, Ecuador.
- PÉREZ, M., MENDOZA, L., GRIMÁN, A., RIVAS, L., REYES, M. (2008). Informe Primeras Jornadas de Transferencia Tecnológica Proyecto Methodius, Informe Técnico, Universidad Simón Bolívar, Dpto. Procesos y Sistemas, Laboratorio de Investigación en Sistemas de Información, 14 pp. Recuperado en noviembre de 2008 de <http://www.lisi.usb.ve/>
- PINO, F., GARCÍA, F., PIATTINI, M. (2006). Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas. Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software, 2(1), pp. 6-23.
- RICHARDSON, I., GRESSE, C. (2007). Why are small software organization different?, IEEE software, published by the IEEE computer society.
- RIVAS, L., PÉREZ, M., MENDOZA, L., GRIMÁN, A. (2008). Selection criteria for software development tools for SMEs, Internacional Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS, Barcelona, España.
- SAN FELIU, T., GARCÍA, S., GRAETTINGER, C. (2005). Critical Success Factors (CSF) in SPI Bibliography, Proc. First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, Pittsburgh, PA, pp. 72-80.
- SEGUPTA, B., CHANDRA, S., SINHA, V. (2006). A research agenda for distributed software development, Proc. of International conference on software engineering, Shangai, China.
- SOMMERVILLE (2005). Ingeniería del Software, 7ma. Ed. España: Pearson Educación.
- THRAMBOULIDIS, K., TRANORIS, C. (2004). Developing a CASE tool for distributed control applications, The International Journal of Advanced Manufacture Technology, 24(1-2), pp. 24-31.