

Requisitos de capacitación y perfiles para ingenieros de software en Micro y Pequeñas Empresas

Jonás Montilva, Judith Barrios y Milagro Rivero

Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Sistemas, Departamento de Computación, Grupo GIDyC, Mérida, Venezuela
{jonas, ijudith, milagro}@ula.ve

Abstract. This article presents a set of professional profiles which has been defined by using the characteristics of micro and small software enterprises. These profiles are positioned at the base of a software engineering training curricula program that aims to prepare software engineer professionals to work efficiently in software development projects. The set of profiles let us to get together professionals' abilities and techniques according to particular jobs that they would play during software projects progress.

Keywords: Curricula design, education in software engineering, professional training

1 Introducción

En Latinoamérica, como en el resto del mundo, las micro y pequeñas empresas (MyPEs) dedicadas al desarrollo de software representan un porcentaje mayoritario de este importante sector de la economía mundial. Por ejemplo, en Venezuela, el 74,65% de las empresas desarrolladoras de software son consideradas MyPEs [1]; en Brasil, este porcentaje se ubica alrededor del 70% [2] y en México, el porcentaje de pequeñas y medianas empresas está cercano al 95% [3].

El tamaño de estas empresas es un factor determinante de las características del software que ellas pueden producir, así como del proceso empleado para desarrollar sus aplicaciones. Por lo general, estas empresas abordan proyectos pequeños debido a que no poseen el personal suficiente para producir, ellas solas, aplicaciones de gran tamaño. El uso de métodos, modelos de procesos y estándares de Ingeniería de Software es, también, bastante limitado; bien por que consumen tiempo, o porque el personal no está suficientemente capacitado para aplicarlas [2].

El tamaño influye, también, en el recurso humano que ellas emplean. El ambiente laboral, el desarrollo profesional, la formación, la remuneración, la competitividad, el nivel de especialización y las responsabilidades del personal contratado por una MyPE difieren con respecto a las medianas y grandes empresas.

La mayoría de proyectos realizados por MyPEs son ejecutados por grupos de desarrollo muy pequeños, generalmente, entre 2-5 personas. Ello obliga a que un mismo ingeniero de software tenga que ejercer roles muy diferentes a lo largo del

proceso de desarrollo de una aplicación. Por otro lado, la capacidad económica que tienen estas empresas para contratar personal altamente calificado y desarrollar profesionalmente este personal es bastante limitada. La capacitación que requieren los ingenieros de software que laboran en MyPEs tiene, por consiguiente, características muy particulares impuestas por un entorno laboral con muchas restricciones.

En este artículo, se analizan las características que tienen las MyPEs, se identifican las necesidades de capacitación que tienen los ingenieros de software que laboran en estas empresas y se propone un conjunto de perfiles profesionales adaptados a las características de ellas. Para lograr esta caracterización, se usó a las MyPEs venezolanas como un caso de estudio. A través de un muestreo probabilístico con afijación proporcional, se encuestaron 71 empresas desarrolladoras de software tomadas de una población de tamaño 155 integrada por aquellas empresas que aparecen registradas en directorios reconocidos de empresas venezolanas. A partir del análisis de los datos obtenidos en la encuesta, se estableció un conjunto de requisitos de capacitación profesional. El modelo curricular para Ingeniería del Software de la IEEE/ACM [4], los cuerpos de conocimientos de la Ingeniería del Software SWEBOK [5] y de la gestión de proyectos PMBOK [6] y el modelo de capacitación profesional de Ford y Gibbs [7] fueron usados, junto con los requisitos de capacitación, para establecer un conjunto de perfiles profesionales para ingenieros de software. Estos perfiles constituyen la base conceptual necesaria para formular modelos curriculares de capacitación profesional orientados a ingenieros de software que laboran en MyPEs. La descripción detallada de los programas de capacitación formulados sobre esta base conceptual, no se incluye como parte del presente artículo.

El resto de este artículo está organizado como sigue: En la Sección 2, se presenta la caracterización de las micro y pequeñas empresas venezolanas productoras de software. La Sección 3 identifica y analiza los requisitos de capacitación profesional en Ingeniería de Software que fueron detectados mediante encuestas. Los perfiles profesionales se presentan, de manera resumida, en la Sección 4. La Sección de Conclusiones discute la utilidad de estos perfiles en el diseño curricular.

2 Una caracterización de las MyPEs de desarrollo de software

Las empresas de desarrollo de software han sido caracterizadas por varios autores a través del establecimiento de comparaciones entre sus categorías o a través de estudios orientados expresamente a analizar las micro, pequeñas y medianas empresas [8]. Entre las características más relevantes, para el propósito de este artículo, se destacan el tamaño de la empresa, sus recursos humanos, sus procesos de desarrollo de software, su gestión de proyectos, las tecnologías de desarrollo y las prioridades que estas empresas tienen.

2.1 El tamaño de las MyPEs

Dos criterios típicamente usados para determinar el tamaño de una empresa son el número de empleados y el volumen de ventas anual de la empresa. La Organización

para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD) clasifica a las empresas, usando el primero de estos criterios, en cuatro categorías: micro (1-10 empleados), pequeña (10-49 empleados); mediana (50-250 empleados) y grande (> 250 empleados) [OECD]. Estas categorías varían de un país a otro; por ejemplo, en Venezuela, el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) usa los rangos siguientes: micro (<5), pequeña (5-20), mediana (21-100) y grande (>100) [9]. Autores como Laporte, et al [2] ubican a las empresas muy pequeñas de países industrializados por debajo del umbral 25. Los rangos de clasificación dependen de cada país o región.

En nuestro caso de estudio, usamos una clasificación que permitiese una distribución más homogénea de las empresas: micro (1-5), pequeña (6-20), mediana (21-50) y grande (≥ 50). En el año 2007, el 65,85% de las empresas venezolanas tenían menos de 21 empleados [10]. En el 2008, la categoría MyPE aumentó al 74,65%; mientras que la categoría mediana representaba el 22,53%. Solo un 2,82% de la muestra encuestada tenía más de 50 empleados [11].

2.2 Los recursos humanos que emplean las MyPEs

El personal contratado por las MyPEs tiene características particulares que lo diferencian del aquel empleado por las medianas y grandes empresas. Algunas de ellas, encontradas en los estudios realizados por Rivero et al [10], [11] y planteadas en [8] y [9], son las siguientes:

- Limitaciones para contratar personal altamente calificado y experimentado, debido al costo que este tipo de personal normalmente tiene.
- El tamaño de los equipos de desarrollo es pequeño (1-5 personas).
- El personal debe ejecutar múltiples roles lo que reduce su productividad.
- El mismo recurso es, con frecuencia, asignado a varios proyectos.
- El personal tiene un nivel de especialización y capacitación bajo.
- El desarrollo profesional es limitado debido a los costos que los cursos de capacitación profesional normalmente tienen.

2.3 Los procesos de desarrollo utilizados

Los procesos de desarrollo utilizados por las MyPEs son, por lo general, bastante informales y se caracterizan por:

- Uso inadecuado, informal, incorrecto o limitado de modelos de procesos y métodos de desarrollo. En el caso venezolano, el 51% de las empresas usan métodos propios que no están debidamente documentados y cuya aplicación queda a juicio de los grupos de desarrollo [10].
- El énfasis de los procesos de desarrollo es en la programación. Las actividades de ingeniería de requisitos, diseño y pruebas se reducen a un mínimo. Por ejemplo, en Venezuela el 60% de las empresas opinan que es el cliente quien debe realizar las pruebas [11].
- No se emplean estándares internacionales de Ingeniería de Software. En el estudio realizado por Laporte et al [2], en más de 15 países, encontró que un 24%

de las MyPEs no considera necesario el uso de estándares, un 37% no los usan debido a la falta de recursos o soporte técnico y un 29% opinan que su uso consume mucho tiempo, es difícil o demasiado burocrático.

- Los procesos no se evalúan ni se mejoran debido al desconocimiento de modelos tales como el CCMI o la falta de recursos para aplicarlos [11].

2.4 La gestión de proyectos, calidad y riesgos

La manera como las MyPEs gestionan sus proyectos de desarrollo de software es, también, muy particular y se caracteriza por:

- Desconocimiento de métodos y modelos de procesos de gestión efectivos. En el caso de Venezuela, un 85% de las empresas encuestadas manifestó no conocer o no usar el cuerpo de conocimientos PMBOK del PMI [6]
- Elevada informalidad en la planificación, organización, dirección, seguimiento y control de los proyectos. La gestión de proyectos se reduce a la elaboración de cronogramas y su seguimiento es eventual.
- La calidad del software que producen es cuestionable e impredecible. El aseguramiento de la calidad, la verificación y validación y la revisión de software no son procesos que se practiquen con regularidad, ni con el rigor requerido.
- Si bien la mayoría de MyPEs están conscientes de la importancia de gestionar los riesgos, este proceso no es utilizado en la mayoría de los proyectos.
- Los grupos de desarrollo tienen una estructura organizacional informal con roles y responsabilidades vagamente definidos.

2.5 Las tecnologías usadas para desarrollar software

Las tecnologías que las MyPEs utilizan para desarrollar sus productos varían de un país a otro; pues, dependen de los mercados dominantes en cada país, de las políticas gubernamentales y de la facilidad que estas empresas tienen para adquirir tecnologías de desarrollo de software.

En el caso de Venezuela, más del 50% de las empresas encuestadas desarrollan aplicaciones web y/o aplicaciones bajo plataforma cliente-servidor. Estas aplicaciones son, generalmente, hechas a la medida del cliente y la mayoría de ellas están dirigidas a los sectores de manufactura, telecomunicaciones, banca y petróleo. Para desarrollar estos productos, las MyPEs venezolanas emplean las plataformas de software siguientes [11]:

- Más del 43% desarrollan sus productos en plataformas Windows; aunque el uso de Linux ha crecido significativamente en los últimos años (33%) debido, en parte, a la política gubernamental de uso de software libre en la administración pública.
- SQL Server es el sistema de gestión de bases de datos más utilizado por las empresas venezolanas (80%), seguido de MySQL (65%) y Postgres (49%).
- Los lenguajes de programación más utilizados por las MyPEs son PHP, JavaScript, Visual Basic, ASP .NET y Java, en el orden dado.

2.6 Las prioridades de las MyPEs

Los asuntos que más conciernen y preocupan a las MyPEs desarrolladoras de software varían significativamente en relación con las medianas y grandes empresas. En un estudio realizado por el Centro para Tecnologías de Procesos de Software de Irlanda del Norte [12], se encontró que los asuntos de mayor preocupación y prioridad, para empresas de desarrollo de software con menos de 20 empleados, eran los siguientes (en un orden de mayor a menor prioridad): la gestión de riesgos, la estimación de tareas, la productividad de los empleados, el uso de nuevas tecnologías, el retrabajo en la programación, la planificación de proyectos, el seguimiento de proyectos, el aseguramiento de la calidad y la adhesión a procesos de software establecidos.

3 Definición de las necesidades de capacitación

Para establecer las necesidades de capacitación que tienen las MyPEs dedicadas al desarrollo de software empleamos dos métodos diferentes. El primero de ellos consistió en analizar las características de estas empresas, tal como se describieron en la Sección 2, con la finalidad de identificar los principales problemas asociados al desarrollo y mantenimiento de software. Estos problemas fueron, luego, analizados usando diagramas causa-efecto. Una vez establecidas las causas de los problemas, se identificaron varios requisitos de capacitación usando la técnica de análisis de objetivos [13]. Estos requisitos fueron complementados con los resultados de las encuestas reportados en [1], [10] y [11].

3.1 Identificación y clasificación de problemas

Los problemas identificados, a través de la caracterización de las MyPEs, fueron clasificados en base a su relación directa con cuatro elementos claves del desarrollo de software: personal, procesos, productos y proyectos (ver tabla 1).

Table 1. Clasificación de los problemas principales y comunes que enfrentan las MyPEs

| Personal | Procesos | Productos | Proyectos |
|---|--|----------------------|---|
| Personal no calificado y no experimentado | Baja adherencia a métodos y modelos de procesos | Calidad impredecible | Informalidad en la gestión de proyectos |
| Baja productividad | Énfasis en la programación | | Dificultades para estimar tareas y costos |
| Desarrollo profesional limitado | Poco uso de estándares, técnicas, herramientas y prácticas reconocidas | | Ausencia de gestión de riesgos |
| Sobrecarga de roles | | | Estructuras organizacionales indefinidas |

3.2 Análisis de problemas

Cada uno de los problemas registrados en el paso anterior fue analizado mediante diagramas causa-efecto, con la finalidad de determinar aquellas causas que los originan y que podrían ser subsanadas mediante la capacitación del recurso humano. La figura 1 muestra, a modo de ejemplo, uno de estos diagramas asociados al problema de la productividad del personal.

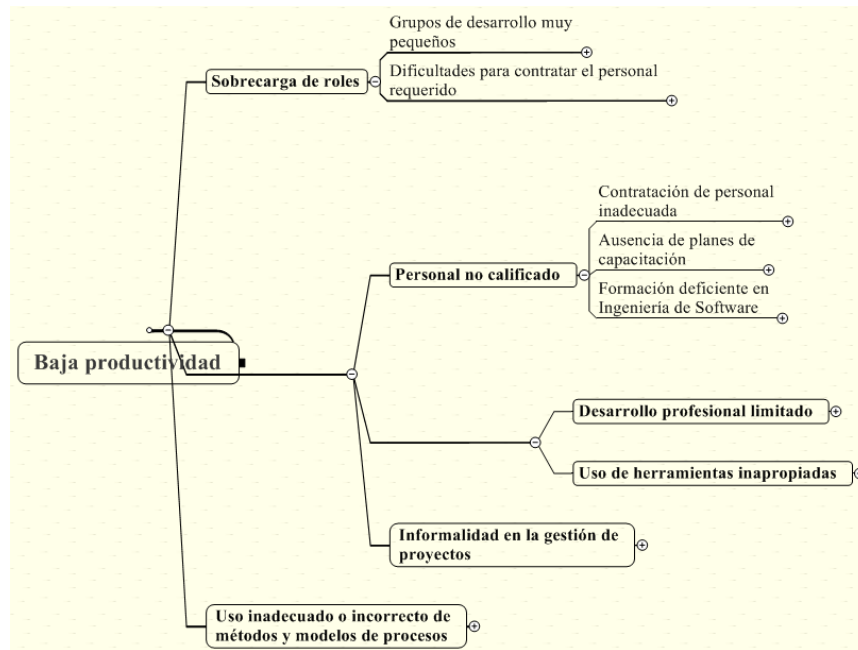


Fig 1. Causas del problema de la baja productividad del personal

3.3 Identificación de los requisitos de capacitación

Mediante el análisis de los resultados de los estudios estadísticos, que sustentan este trabajo (ver [1], [10] y [11]), y el análisis de los diagramas causa-efectos elaborados en el paso anterior, se estableció un conjunto de requisitos de capacitación para el personal de la MyPEs. Estos requisitos definen las características que un programa de capacitación o formación profesional en Ingeniería de Software, dirigido al personal de las MyPEs, debe satisfacer. Estos requisitos se agruparon en cinco categorías, como sigue:

3.3.1 Requisitos generales

Los programas deben ser de bajo costo, de corta duración y apoyados en la Educación a Distancia usando tecnología web. Estos programas deben ser ofrecidos bajo las modalidades híbrida (presencial-distancia) o completamente a distancia. La estructura y contenidos de estos programas deben estar sólidamente fundamentados en cuerpos de conocimientos y modelos curriculares de la Ingeniería de Software reconocidos (ej. SWEBOK [5], PMBOK [6] y el modelo curricular de la IEEE/ACM para Ingeniería del Software [4]).

3.3.2 Requisitos relacionados con métodos y modelos de procesos

Los programas deben promover el uso y asegurar un dominio instrumental de modelos de procesos y métodos de desarrollo de software que sean apropiados para proyectos y grupos de trabajo pequeños. Si bien los métodos ágiles están indicados para este propósito, es indispensable lograr un balance entre agilidad y disciplina [9]. Este balance metodológico debe asegurar la producción de software de calidad debidamente documentado.

3.3.3 Requisitos relacionados con los procesos técnicos

Los programas deben facilitar la adquisición de conocimientos, habilidades y destrezas en las áreas de Modelado de Procesos de Negocio, Ingeniería de Requisitos, Diseño Arquitectónico, Diseño de Bases de Datos, Diseño de Interfaces Gráficas, Diseño de Programas, Programación Orientada a Pruebas y Pruebas de Software. Los procesos y técnicas que se discutan, en cada una de estas áreas, deben ser aplicables a grupos de tamaño pequeño o mediano (2-10 desarrolladores).

3.3.4 Requisitos relacionados con la gestión de proyectos

Los participantes de este tipo de programa deben ser capaces de iniciar, planificar, dirigir, controlar y cerrar proyectos haciendo uso de los procesos, técnicas y herramientas recomendadas por el cuerpo de conocimientos de la gestión de proyectos – PMBOK – [6].

3.3.5 Requisitos relacionados con los procesos de soporte

Los participantes deben adquirir conocimientos, habilidades y destrezas en los procesos, técnicas y herramientas para: (1) la gestión de calidad, incluyendo el aseguramiento de la calidad, la verificación y validación de productos y las revisiones de software; (2) la gestión de la configuración del software y (3) la gestión de riesgos.

3.3.6 Requisitos relacionados con las tecnologías de desarrollo de software

Las tecnologías que las MyPEs aplican varían de un país a otro. En el caso particular de Venezuela, las tecnologías más utilizadas, y en las que se requiere mayor capacitación, son: (1) la plataforma de desarrollo propietaria .NET y las plataformas abiertas LAMP; (2) los lenguajes de programación PHP, Java, JavaScript y Visual Basic .NET; (3) los sistemas de gestión de bases de datos SQL Server, MySQL y Postgres; (4) ambientes abiertos de desarrollo de software IDE (Ej. Eclipse o NetBeans) y herramientas CASE de bajo costo, tales como Enterprise Architect™ o Visual Paradigm™.

4 Perfiles profesionales en Ingeniería del Software

Diseñar, elaborar y ejecutar un único programa de capacitación que satisfaga los requisitos de capacitación, discutidos en la sección anterior, se dificulta, debido al elevado número de requisitos y a la extensión de las áreas de conocimiento que integran la Ingeniería del Software. Nuestra solución a este problema consistió en diseñar varios programas de capacitación orientados hacia perfiles profesionales.

Un perfil profesional es una descripción de todas aquellas competencias, capacidades profesionales y responsabilidades que una determinada ocupación requiere para realizarse con efectividad. Un perfil profesional para ingenieros de software debe describir, por lo tanto, el conjunto de competencias asociadas a la ejecución de uno o más roles dentro de los procesos de desarrollo y mantenimiento de software [14]. Una competencia está asociada con el conocimiento, habilidad, técnica y aptitud requeridos para ejecutar de manera completa y eficiente una actividad o una tarea. Cada rol tiene asociado un conjunto de responsabilidades que definen las competencias requeridas para ejecutarlo.

A partir del análisis documental de los modelos curriculares de la IEEE/ACM [4], de Ford y Gibbs [7] y los cuerpos de conocimiento SWEBOK [5] y PMBOK [6], se identificaron 26 roles diferentes que son ejecutados por los profesionales que participan en el desarrollo y mantenimiento de software. En base al análisis de los requisitos de capacitación y usando la noción de escenarios, que definen situaciones y estados diferentes de las MyPEs [14], se determinaron cuatro perfiles profesionales adaptados a las necesidades de este tipo de empresa, a saber:

- **Líder de proyectos de software.** Ejecuta los roles de planificador, controlador de proyectos, administrador de recursos, gestor de riesgos y gestor de procesos de software y analista de negocios.
- **Desarrollador de software.** Agrupa cuatro sub-perfiles diferentes relacionados con los procesos técnicos de desarrollo: (1) analista que ejecuta los roles de analista de negocios e ingeniero de requisitos; (2) diseñador que ejecuta los roles de arquitecto de software, diseñador de bases de datos, diseñador de programas y diseñador de interfaces; (3) programador que ejecuta los roles de codificador, integrador y probador de unidades e integración; y (4) ingeniero de pruebas que ejecuta los roles de probador de aplicaciones y revisor de software.

- **Ingeniero de soporte.** Ejecuta los roles de asegurador de la calidad, gestor de configuración, documentador de software, administrador de datos y verificador/validador de software
- **Ingeniero de operación y mantenimiento de software.** Ejecuta los roles de administrador de aplicaciones (instalador y mantenedor de programas), administrador de BDs e implantador de cambios.

Una descripción detallada de cada uno de estos perfiles, sus roles asociados y las responsabilidades de cada rol se da en [15].

5 Conclusiones

Este trabajo ha sido motivado por la necesidad de mejorar la calidad del software y la productividad de los desarrolladores de software que laboran en MyPEs venezolanas. Para ello, se han propuesto un conjunto de requisitos y un grupo de cuatro perfiles profesionales orientados a la capacitación de ingenieros de software. Estos requisitos y perfiles han sido utilizados en el diseño curricular de dos programas de capacitación y actualización profesional para ingenieros de software. El primero de ellos, conocido como el programa DINSOFT [15], ha sido diseñado en su totalidad y se encuentra, actualmente, en las etapas iniciales de implantación, bajo la coordinación del Postgrado en Computación de la Universidad de Los Andes, en Venezuela. El segundo de ellos, denominado e-Praxis, está en desarrollo bajo la coordinación de una MyPEs especializada en consultoría y capacitación (www.biosoft.com.ve). Se pretende que estos programas de capacitación, en un lapso no mayor de un año a partir de su apertura, contribuyan significativamente a reducir las deficiencias y problemas discutidos en la sección 3. Además de servir de soporte al diseño curricular, los perfiles contribuyen a estructurar los grupos de desarrollo de una MyPE. Cada miembro de un grupo de desarrollo debe tener un único perfil asociado. El perfil define los roles que esa persona debe ejercer durante el desarrollo de una determinada aplicación. De esta manera, un grupo de desarrollo pequeño puede estar integrado por un líder de proyecto, uno o más desarrolladores y un ingeniero de soporte. Estas responsabilidades están vinculadas con las actividades de los procesos técnicos, de gestión y de soporte que caracterizan el proceso de desarrollo de software.

Agradecimientos

Este trabajo es financiado por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Investigación (FONACIT) de Venezuela bajo el proyecto No. G-2005000165 y por el Programa ADG del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de Los Andes, Venezuela.

Referencias

1. Rivero, M., Montilva, J., Barrios, J., Murua, M y Granados, G. Un análisis del desarrollo de software en empresas venezolanas. En: Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. LACCEI. San Cristobal, Venezuela (2009)
2. Laporte, C.Y., Alexandre, S., and Renault, A.: The Application of International Software Engineering Standards in Very Small Enterprises. *Software Quality Professional*, Vol.10, No. 3, p 4-11 (2008).
3. Carrasco D., A.F.: La micro y pequeña empresa mexicana. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Número 45 (2005)
4. IEEE/ACM. Computing Curriculum - Software Engineering. The Joint Task Force on Computing Curricula IEEE/ACM (2004)
5. IEEE Computer Society (2004). Guide to the Software Engineering Body of Knowledge - SWEBOK. 2004 Version. Professional Practices Committee. (2004)
6. PMI. Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). 3ra. Edición. Project Management Institute. Pennsylvania. USA (2004)
7. Ford, G. and Gibbs, N.E: A Mature Profession of Software Engineering. Technical Report CMU/SEI-96-TR-004. Software Engineering Institute, Pittsburgh, Pennsylvania, USA (1996)
8. Rivas, L., Pérez, M., Mendoza, L., and Griman, A.: Selection Criteria for Software Engineering Tools in Small and Medium Enterprises. En: XXXIV Conferencia Latinoamericana de Informática CLEI 2008, Argentina (2008)
9. Di Paula, G., Parada, D., Pérez, M. y Mendoza, L.: Agilidad y disciplina del proceso de desarrollo de software para las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) y las Cooperativas en Latinoamérica – Caso: Venezuela. En: VII Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. Pp. 157-162, Guayaquil, Ecuador (2008).
10. Rivero, D., Montilva, J. Granados, G., Barrios, J., Besembel, I. y Sandia, B.: La Industria de Software en Venezuela: Una caracterización de su recurso humano. En: Actas del X Workshop Iberoamericano de Ingeniería de Requisitos y Ambientes de Software (IDEAS'07) y del Primer Encuentro Venezolano sobre Tecnologías de Información e Ingeniería de Software (EVETIS'07). Porlamar, Venezuela. pp. 435-443. (2007)
11. Murúa, M., Granados, G., Barrios, A. y Vergara, A.: Estado de la Industria Venezolana de Software. Proyecto Methodius. Universidad de Los Andes. Informe técnico <http://www.methodius.org.ve> (2008)
12. McFall, D., Wilkie, F.G., McCaffery, F., Lester,N.G., and Sterritt, R.: Software processes and process improvement in Northern Ireland. In: Proceedings of the 16th Int. Conf. on Software & Systems Engineering and their Applications, Paris, France (2003)
13. IUDC/CEDEAL. El Enfoque del Marco Lógico – Manual para la Planificación de Proyectos. Instituto Universitario de Desarrollo y Cooperación. Madrid (1997)
14. Barrios, J. y Montilva, J. Escenarios y Perfiles para la Actualización Profesional en Ingeniería de Software. Informe técnico. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Grupo GIDyC (2006)
15. Montilva, J., Sandia, B, Martínez, A., Rivero, D.M., Barrios, J. y Besembel, I.: Diseño de programas de actualización profesional interactiva a distancia. Actas de la VII Reunión Nacional de Currículo y I Congreso Internacional de Calidad e Innovación en Educación Superior (CIESC'2007). Caracas, Venezuela (2007)