

Una revisión sistemática de la adaptación del proceso software

Oscar Pedreira¹, Mario Piattini², Miguel R. Luaces¹, Nieves R. Brisaboa¹

¹Laboratorio de Bases de Datos, Facultad de Informática, Universidade da Coruña
{opedreira, luaces, brisaboa}@udc.es

²Grupo Alarcos, Escuela Superior de Informática, Universidad de Castilla-La Mancha
Mario.Piattini@uclm.es

Abstract

Although software process proposals appear continuously, it is difficult to fit any of them into a given company as they are. Thus, some kind of adaptation or tailoring is always necessary. The goal of software process tailoring is to adapt an “off-the-shelf” software process to meet the needs of a specific organization or project. Although process tailoring is a mandatory activity in most software process proposals, it is usually carried out by following an ad-hoc approach, and the amount of research done on this topic to date can be considered small. This paper presents a systematic review of software process tailoring, analyzing the existing approaches towards this activity, discussing the main issues related to the problem, and providing an up-to-date and complete framework in which to position new research activities.

Resumen

Aunque continuamente aparecen nuevos trabajos y propuestas en el área de proceso software, es difícil que encajen en su forma original en una empresa dada. De ahí la necesidad de adaptar los procesos estándar a las características particulares de la empresa. El objetivo de la adaptación del proceso software (*software process tailoring*) es adecuar un proceso software estándar a las características de una organización o proyecto específico. Aunque la adaptación del proceso software es señalada como una actividad obligatoria por la mayoría de las metodologías, en general se lleva a cabo siguiendo a cabo un enfoque *ad-hoc*, y la cantidad de investigación realizada en este tema puede considerarse pequeña. Este artículo presenta una revisión sistemática de la adaptación del proceso software, analizando las aproximaciones actuales para esta actividad, discutiendo las cuestiones más importantes relacionadas con este problema, y proporcionando un marco de trabajo actualizado en el que posicionar nuevas investigaciones.

Palabras clave: Adaptación del proceso software, revisión sistemática

1. Introducción

El proceso software es una de las áreas de investigación más importantes para la comunidad de ingeniería del software. Continuamente aparecen nuevos trabajos y propuestas que definen distintas aproximaciones para el proceso de desarrollo de software. Sin embargo, es difícil que satisfagan todas las necesidades de una organización o proyecto específico. Teniendo en cuenta que dos organizaciones son diferentes entre si y que, incluso dentro de una misma organización, dos proyectos pueden ser también muy diferentes, el proceso aplicado con éxito en uno de ellos puede ser un completo fracaso en el otro. Por eso, el proceso software debe ser adaptado al contexto y características específicas de cada caso.

La adaptación del proceso software (en inglés, *software process tailoring*) consiste en adaptar y particularizar la descripción general del proceso para obtener un nuevo proceso adaptado, aplicable en un entorno alternativo y probablemente menos general [1]. Es decir, adaptar un proceso software a las necesidades concretas de una organización o un proyecto dado. La adaptación del proceso software puede tener lugar en dos niveles diferentes: a nivel organizacional o a nivel de proyecto.

Las consecuencias de una mala adaptación del proceso software pueden ser muy importantes para la organización. En primer lugar, factores como el presupuesto, tiempo de desarrollo y calidad del producto dependen directamente de la adecuación del proceso software a los proyectos. Un proceso software mal adaptado a la empresa/proyecto puede incluir actividades innecesarias que suponen una pérdida de tiempo y dinero, o la omisión de algunas necesarias, que puede afectar a la calidad del producto. Además, una mala adaptación del proceso software puede dar lugar a problemas con respecto a la conformidad con estándares como ISO 9000 [2] o CMMI [3]. Por último, y no por eso menos importante, la adaptación del proceso software también influye en la satisfacción del personal, pues perder tiempo en actividades innecesarias no suele ser muy motivador.

Hoy en día, la adaptación del proceso software es considerada como una actividad necesaria por la mayoría de las organizaciones de desarrollo, pero suele llevarse a cabo sin la suficiente dedicación, siguiendo un enfoque *ad-hoc* y sin ningún tipo de regla o guía. Aunque se han propuesto aproximaciones sistemáticas y formales para la adaptación del proceso software, la investigación llevada a cabo en esta área

hasta la fecha puede considerarse pequeña. En la literatura existente podemos encontrar estudios que proponen herramientas de soporte para la adaptación del proceso software. También trabajos que presentan experiencias reales en la adaptación de metodologías conocidas a situaciones específicas, muy interesantes debido a la naturaleza práctica de este problema.

En este trabajo se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la investigación en adaptación del proceso software. Para esto, se obtuvieron y analizaron los trabajos de investigación más importantes en el tema para identificar las aproximaciones, métodos y herramientas de soporte para la adaptación del proceso software. El resto del artículo está organizado como sigue. La siguiente sección describe brevemente el concepto de revisión sistemática en ingeniería del software. La sección 3 describe las decisiones tomadas en cada paso de la revisión sistemática presentada en este artículo, y los resultados a que han dado lugar. La sección 4 presenta las cuestiones más importantes relacionadas con la adaptación del proceso software identificadas en la literatura. Finalmente, la sección 5 presenta las conclusiones y trabajo futuro.

2. Revisión sistemática en ingeniería del software

La revisión sistemática es un método de investigación desarrollado para obtener, analizar, y evaluar toda la investigación relevante para una pregunta de investigación o un área de interés particular [4]. En contraste con una revisión literaria tradicional, una revisión sistemática sigue una secuencia estricta y bien definida de pasos metodológicos, que garantizan el alto valor científico de los resultados obtenidos. La principal razón para llevar a cabo una revisión sistemática es incrementar la probabilidad de detectar más resultados reales en el área de interés que los obtenidos con una revisión menos formal. Una revisión sistemática requiere un esfuerzo considerablemente mayor en comparación con una revisión tradicional, pero este es el precio a pagar por una revisión profunda y completa de un área de interés determinada.

El concepto de revisión sistemática apareció en el área de la medicina, y su adaptación a la ingeniería del software se presenta en [5]. El método propuesto consta de tres actividades principales: planificación, revisión y publicación. Durante la actividad de planificación se identifican las necesidades de la revisión y se desarrolla el protocolo de revisión. En la actividad de revisión se seleccionan y evalúan los estudios primarios más importantes para ese área de investigación. El último paso consiste en la publicación de los resultados obtenidos en la revisión. Para que la revisión sistemática

sea más sencilla, en [4] se propone una plantilla para el protocolo de revisión, que es la que se ha seguido en este trabajo.

3. Una revisión sistemática de la adaptación del proceso software

Esta sección presenta el desarrollo de cada fase de la revisión sistemática (formulación de la pregunta, selección de las fuentes, selección de estudios primarios y extracción de información), y los resultados obtenidos en cada una de ellas.

3.1. Formulación de la pregunta

El objetivo de esta revisión sistemática es obtener y analizar todas las herramientas, técnicas, aproximaciones y experiencias propuestas para la adaptación del proceso software para a situación determinada. También analizar los trabajos que tratan cuestiones relacionadas con la adaptación del proceso software y la conformidad con estándares como ISO 9000 [2] o CMMI [3]. Por último, también consideramos interesante analizar los trabajos que presentan experiencias reales adaptando procesos software como el proceso unificado de desarrollo o extreme programming, en empresas de desarrollo de software. Anteriores revisiones sistemáticas en otras áreas de investigación se concentran en problemas más particulares pero, debido a la pequeña cantidad de investigación disponible en éste área, se decidió analizar toda la investigación disponible en adaptación del proceso software.

Al contrario que la plantilla de protocolo propuesta en [4], esta revisión sistemática debe contestar varias preguntas y no sólo una debido al amplio alcance que trata de cubrir:

- ¿Cuáles son las principales aproximaciones, métodos, y herramientas para la adaptación del proceso software?
- ¿Cuáles son las guías más conocidas para la adaptación del proceso software teniendo en cuenta el problema de la conformidad con estándares?
- ¿Hay disponibles casos de estudio sobre experiencias reales en la adaptación del proceso software?

El objetivo perseguido con estas preguntas era proporcionar un informe lo más amplio y comprensible posible del estado del arte en la adaptación del proceso software al finalizar la revisión sistemática. No sólo queríamos identificar las principales

aproximaciones en esta área, si no también sus puntos fuertes y debilidades y, por supuesto, el trabajo futuro que puede llevarse a cabo para solventar estas debilidades.

De estas preguntas se extraen directamente las palabras clave utilizadas para construir las consultas emitidas contra las fuentes de estudios primarios. Estas palabras son (en inglés): *software, process, tailoring, methodology, unified process, extreme programming, tool, improvement, organization, practice, experience, case study, standard, compliance, ISO, CMM*. Durante la búsqueda de estudios primarios se consideró importante comprobar si sinónimos de la palabra *tailoring*, como *adaptation* o *customization* se usan también, como puede ocurrir con *method* como sinónimo de *process*, pues esto puede ser una fuente de problemas en la búsqueda de estudios primarios.

3.2. Selección de fuentes

Las consultas utilizadas en la búsqueda de estudios primarios se construyeron a partir de la lista de palabras clave anterior. La cadena de búsqueda básica fue “*software process tailoring*”. También se utilizaron cadenas de búsqueda adicionales que incluyen otras palabras clave. La consulta “*(software AND (process OR method) AND (tailoring OR adaptation OR customization))*” se utilizó para comprobar si los sinónimos identificados anteriormente realmente afectan a los resultados de la búsqueda. La cadena “*software process tailoring AND (practice OR experience OR organization)*” se utilizó con la intención de obtener posibles trabajos sobre casos de estudio en empresas de desarrollo de software reales.

La búsqueda de estudios primarios se llevó a cabo consultando las bibliotecas digitales de las organizaciones y editoriales más relevantes para la comunidad de ingeniería del software. La lista de fuentes iniciales es la siguiente: IEEE Computer Science Digital Library, ACM Digital Library, Wiley Interscience (área de computación), Science@Direct (área de computación), y SpringerLink. Por supuesto, antes de comenzar la revisión, se partió de algunos estudios importantes acerca de adaptación del proceso software. Quizá los más importantes sean [9] y [1]. Ambos presentan un marco de trabajo bien estructurado para la adaptación del proceso software sin suponer la utilización de ninguna metodología en particular, y se consideraron un buen punto de partida por lo que fueron incluidos directamente en la revisión.

3.3. Selección de estudios primarios

Para la obtención de los estudios primarios se consultaron las fuentes citadas en la sección anterior con las cadenas de consulta. Con la consulta “*software process tailoring*” se obtuvieron la mayoría de los resultados seleccionados. Con las demás consultas se lograron tan sólo dos resultados que no pudieron ser recuperados anteriormente debido a los problemas con los sinónimos “*tailoring*” y “*adaptation*”. Las demás cadenas de búsqueda no devolvieron ningún estudio primario adicional. Estos datos junto con el pequeño número de resultados obtenidos demuestran la poca investigación llevada a cabo en el tema hasta la fecha.

La mayoría de los resultados devueltos por las fuentes de estudios primarios no eran de interés para el objetivo de esta investigación. El criterio de inclusión/exclusión utilizado para seleccionar los estudios primarios relevantes se aplicó sobre el título y resumen de cada estudio. En algunos casos esto no fue suficiente y el texto completo del estudio tuvo que ser parcialmente revisado para asegurarse de que realmente era relevante para el objetivo de la revisión. Durante la selección de trabajos, se tuvo en cuenta que algunos resultados aparecen en más de una fuente, por lo que los estudios repetidos se identificaron y controlaron. Por supuesto, también se tuvieron en cuenta los artículos citados en los estudios primarios, y todos aquellos relativos a la adaptación del proceso software también fueron incluidos en el conjunto de estudios primarios.

Tras consultar las fuentes de datos, se recuperaron un total de 394 estudios no repetidos. Una vez aplicado el criterio de inclusión/exclusión a cada uno de ellos, sólo 28 se consideraron relevantes para las preguntas que esta revisión trata de contestar. La Tabla 1 muestra el número total de resultados y estudios primarios obtenidos de cada fuente. La lista de resultados primarios seleccionados se incluye por completo al final de este artículo. El número total de estudios primarios es pequeño en comparación con los resultados obtenidos en revisiones sistemáticas realizadas en otras áreas de interés. Sin embargo, el reducido número de estudios primarios no es un resultado malo para la revisión sistemática, puesto que su objetivo es encontrar y analizar toda la investigación existente en esta área de interés. Por otra parte, se puede considerar una evidencia que la investigación disponible hasta la fecha en este tema es pequeña y que, en principio, todavía queda trabajo por hacer.

Fuente	Resultados	Estudios primarios
ACM	200	3
IEEE	100	14
Springer	31	6
Science@Direct	10	2
Wiley	50	0
Otros	3	3
Total	394	28

Tabla 1. Número total de resultados y estudios primarios obtenidos de cada fuente.

Quizá otra observación interesante es que dos de los estudios que superaron los criterios de inclusión/exclusión durante la fase de extracción de información no trataban realmente el problema de la adaptación del proceso software. Sin embargo, sólo dos errores en un total de 394 artículos puede considerarse un buen resultado.

3.4. Extracción de la información.

Una vez identificados y obtenidos los estudios primarios, la siguiente fase consistió en su revisión y en la extracción de la información que estos ofrecen. Para cada uno de ellos, se redactó un resumen de la revisión como el propuesto en [4], describiendo la metodología seguida por los autores del estudio primario, posibles problemas encontrados en el estudio, y una evaluación subjetiva del mismo. Esta evaluación subjetiva consistió básicamente en un pequeño resumen en el que se comparaban las ideas propuestas en el estudio con las propuestas en otros similares.

4. Cuestiones relativas a la adaptación del proceso software.

Como ya hemos mencionado, el objetivo de la adaptación del proceso software es partir de un proceso software estándar y adaptarlo a las necesidades de una organización o proyecto determinados. Hay muchos factores que influyen en esta adaptación, como el tamaño de la organización, sus objetivos, los recursos disponibles, tipo de proyecto, entorno del cliente, tipo de negocio, tecnologías utilizadas, requisitos del cliente sobre el propio proceso de desarrollo, etc. Esta sección presenta las respuestas a las preguntas formuladas en la revisión sistemática. Durante la evaluación y análisis de los estudios

primarios se identificaron como relevantes las siguientes cuestiones relacionadas con la adaptación del proceso software:

- La adaptación del proceso software puede tener lugar a dos niveles distintos en una empresa: adaptación a nivel de organización o a nivel de proyecto.
- La adaptación del proceso software puede llevarse a cabo siguiendo un enfoque formal o informal.
- Casos de estudio sobre experiencias en organizaciones reales.
- Adaptación del proceso software en PYMEs frente a grandes empresas.
- Consideración de los problemas relacionados con la conformidad con estándares.
- Descripción de herramientas de soporte para la actividad de adaptación del proceso.

Cada estudio primario puede tratar una o más de estas cuestiones. Por ejemplo, algunos artículos describen una aproximación formal para la adaptación del proceso software y una experiencia real aplicando su propuesta en una empresa, pero trabajando sólo a nivel de proyecto.

La Figura 1 muestra el porcentaje de artículos que se centran en una aproximación formal o informal, al nivel de proyecto u organización, y en pequeñas o grandes empresas. La figura da una idea del esfuerzo dedicado a cada problema. Por ejemplo, la mayoría de los artículos revisados describen un caso de estudio en grandes empresas de desarrollo de software más que en pequeñas y medianas empresas.

La tabla 2 resume los estudios primarios que tratan cada uno de estos aspectos en la adaptación del proceso software, aunque a lo largo de esta sección se explicarán con más detalle.

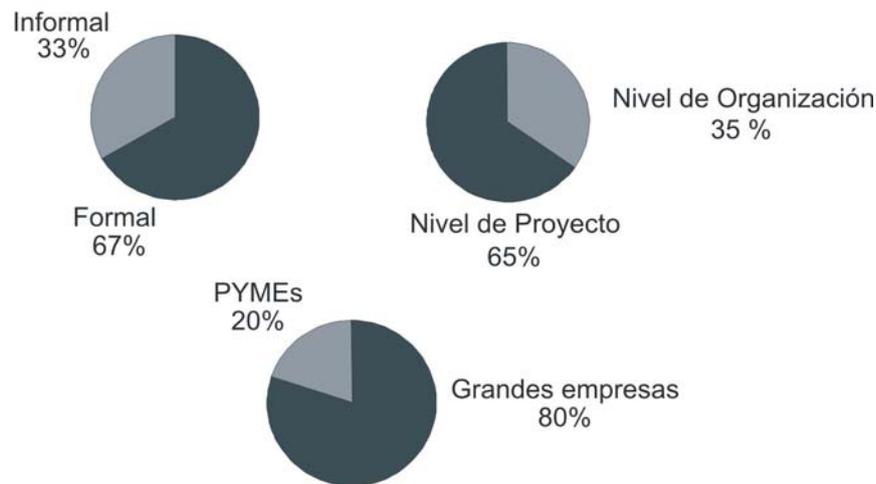


Figura 1. Porcentaje de estudios dedicados a cada tópic.

Nivel organizacional	[1], [12], [15], [16], [17], [24], [26], [29]
Nivel de proyecto	[1], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [13], [14], [19], [20], [21], [27], [30], [32]
Aproximación formal	[1], [6], [7], [8], [9], [11], [19], [24], [26], [28], [29], [30]
Aproximación informal	[10], [12], [14], [15], [16], [17]
PYME	[10], [12], [25], [27]
Gran empresa	[1], [6], [7], [8], [9], [11], [13], [14], [15], [16], [17], [19], [29]
Caso de estudio	[6], [8], [10], [12], [13], [14], [15]
Herramienta	[20], [21], [22]
Conformidad	[1], [19], [31]

Tabla 2. Resumen de referencias en cada cuestión relativa a la adaptación del proceso software.

4.1. Distintos niveles para la adaptación del proceso software.

La adaptación del proceso software puede tener lugar en diferentes niveles. Por ejemplo, estudios como [6] [7] [8] distinguen entre adaptación del proceso software a nivel de la organización y a nivel de proyecto. La adaptación de proceso a nivel organizacional consiste en adaptar un proceso software estándar para definir el proceso software de la organización (por ejemplo, definir el proceso software en un SGC basado en ISO 9000 adaptando RUP). La adaptación a nivel de proyecto consiste en la adaptación de ese proceso software de la organización a las necesidades particulares que pudieran darse en un proyecto determinado. El objetivo de la adaptación del proceso software a nivel de organización es adaptar un proceso software estándar a las necesidades concretas de la

organización¹. Este proceso está adaptado a las necesidades y el contexto específico de esa empresa. Algunos elementos del proceso de partida se eliminan en la versión adaptada porque no son necesarios, pero en ocasiones hay que añadir otros, debido al tipo de sistemas que desarrolla la empresa.

Sin embargo, esto puede no ser suficiente y la adaptación del proceso software puede ser necesaria también a nivel de proyecto. Es decir, el proceso estándar de la organización (OSSP) debe ser adaptado a las necesidades específicas de cada proyecto. Teniendo en cuenta que dentro de una misma empresa un proyecto puede ser muy diferente de otro, el proceso aplicado con éxito en uno de ellos puede dar lugar a malos resultados en el otro. Como señala [6], los errores cometidos al alinear el proceso software estándar de la empresa con el contexto del proyecto puede tener consecuencias en el tiempo de desarrollo, la calidad y el coste del proyecto. Este problema es mayor para empresas en las que los proyectos son realmente grandes, costosos y muy diferentes entre sí. En casos como éste, la adaptación del proceso software a las características del proyecto es algo casi obligatorio. Para este tipo de organizaciones, [9] es un buen ejemplo de guías de adaptación para satisfacer las necesidades de cada proyecto. Seguir el enfoque de adaptar el proceso a cada proyecto en particular también permite la utilización de una aproximación totalmente diferente para el desarrollo de software en cada proyecto si es necesario.

Como podemos ver en la figura 1, la mayoría de los estudios revisados consideran la adaptación del proceso software sólo al nivel de proyecto. Sin embargo, la adaptación a nivel de organización también es necesaria, y las guías y reglas para esta adaptación pueden ser bastante diferentes en este caso (pues deben considerar a la empresa en su conjunto, y no el contexto limitado de un proyecto). Algunos trabajos van incluso más lejos. Si en la empresa se distinguen varios tipos bien diferenciados de proyectos, se puede considerar otro nivel más en la adaptación del proceso software. En este caso, el OSSP se adapta para cada uno de esos tipos de proyectos. Sin embargo, sólo [10] distingue este nivel de adaptación, que puede ser demasiado para empresas que no son realmente grandes.

Como conclusión, podemos decir que el nivel de detalle de la adaptación del proceso tanto a nivel organizacional como a nivel de proyecto, depende del tamaño de la empresa y sus proyectos. La adaptación del proceso software a nivel de organización

¹ El proceso resultante suele denominarse (en inglés) "Organizational Software Standard Process" (OSSP) [6].

debería considerarse siempre como una necesidad. Para algunas empresas con líneas de productos claramente diferenciadas, podría considerarse la adaptación del proceso software a las necesidades particulares de cada una de ellas. Finalmente, como se menciona en [10], la adaptación del proceso podría tener lugar sólo a nivel de proyecto si este es muy grande y la adaptación representa sólo un pequeño porcentaje del tiempo total del proyecto.

4.2. Aproximaciones formales e informales para la adaptación del proceso software

La distinción entre una aproximación formal/sistemática o una adaptación informal también es importante. Algunos de los trabajos revisados proponen seguir algún tipo de aproximación formal, en forma de proceso definido que comprende todos los pasos necesarios para la adaptación sistemática del proceso software. Sin embargo, muchos otros trabajos presentan una adaptación informal del proceso para una situación determinada, basándose en guías o recomendaciones. El grado de formalidad en los diferentes estudios revisados puede ser muy diferente entre unos y otros. Por ejemplo, la aproximación propuesta en [6] es bastante informal si la comparamos con las propuestas en [9] o [11].

Los estudios como [6] presentan un método ordenado, sistemático y muy completo para la adaptación del proceso software. La principal ventaja de una aproximación sistemática es que el resultado no depende tanto de la capacidad personal del responsable de esta actividad ni de sus preferencias personales en cuanto a metodologías de desarrollo de software. Un enfoque de este tipo proporciona un marco de trabajo bien estructurado para analizar todos los factores relevantes para el proceso de desarrollo. Esto puede ser de gran ayuda cuando el responsable de esta actividad no tiene mucha experiencia en este tema o si la organización es compleja. Este enfoque puede ser una buena opción para organizaciones de desarrollo de software grandes que puedan asumir el esfuerzo de este grado de formalidad. Sin embargo, para una empresa pequeña un enfoque con un nivel de formalidad tan alto puede ser excesivo. Por ejemplo, [10] presenta una experiencia en una pequeña empresa y concluye que en una situación como esta la adaptación será mejor siguiendo un proceso sencillo y pragmático y no como un proceso estrictamente planificado y gestionado.

4.3. Casos de estudio: experiencias en organizaciones reales

Algunos de los estudios revisados presentan su propuesta junto con los resultados obtenidos al aplicarla en una organización real de desarrollo de software (como [6][12], por ejemplo). Otros presentan un caso real siguiendo una aproximación informal para la adaptación del proceso. La mayoría de los estudios que siguen una aproximación informal describen su experiencia en la adaptación del proceso unificado o Programación Extrema a situaciones específicas. Por ejemplo, [13] y [14] describen sus experiencias adaptando XP a proyectos grandes/complejos en grandes organizaciones de desarrollo de software, mientras que [15] presenta una experiencia en el uso de una versión adaptada del proceso unificado de desarrollo.

Como señala [8], la ausencia de investigación basada en la práctica en el desarrollo de software en general, y en la adaptación del proceso software en particular, es sorprendente en un campo aplicado. Los casos de estudio han demostrado ser una herramienta potente en otras áreas y el estudio de experiencias reales también puede ser una importante fuente de información para el desarrollo de nuevas aproximaciones en esta área.

Otro problema que encontramos en los casos de estudio sobre la adaptación del proceso software es que la mayoría de los estudios presta más atención al proceso resultante que a las guías, métodos y criterios seguidos para la adaptación del proceso.

4.4. Adaptación del proceso software en pequeñas o grandes empresas

Quizá este es uno de los resultados más interesantes derivados de la revisión. La mayoría de los estudios revisados proponen un método de adaptación definido para grandes organizaciones de desarrollo de software. Por ejemplo, [7][8][13] describen el método de adaptación del proceso software que se siguió en una gran empresa de telecomunicaciones. [11] presenta una metodología cuantitativa para la adaptación del proceso software en un entorno de alto riesgo como el NASA/SEL y [16][17] hacen lo mismo para los laboratorios de Raytheon.

La adaptación del proceso software es muy importante para este tipo de organizaciones, pero todas ellas están certificadas al menos hasta el nivel 3 de CMM y son capaces de asimilar esta adaptación compleja mejor que una pequeña empresa. Una aproximación tan fuerte puede ser demasiado pesada para una PYME. La adaptación del proceso software es normalmente una actividad difícil en este tipo de empresas ya que no suelen tener un entorno de desarrollo de software tan bien organizado como las

grandes organizaciones y porque la experiencia y los recursos de los responsables de esta actividad suelen ser más limitados.

Pocos estudios se centran en el caso de las pequeñas empresas; [10] describe cómo, en su experiencia, la adaptación del proceso software en PYMES se hace mejor con un proceso sencillo y pragmático y no con uno demasiado formal y estricto, [12] es un estudio realmente interesante centrado en pequeñas empresas, que propone una aproximación ligera. Describe la experiencia aplicándolo en dos pequeñas empresas incluyendo resultados cuantitativos sobre el proceso resultante. Quizá esta es una de las carencias más importantes en la investigación en la adaptación del proceso software.

4.5. Adaptación del proceso software y conformidad con estándares

La adaptación del proceso software presenta un problema interesante en lo que respecta a la conformidad con estándares. En organizaciones con una certificación ISO 9000 [2] o CMMi [3], la adaptación del proceso software debe asegurar que el proceso resultante es conforme a dichos estándares. A nivel organizacional, la adaptación para crear el proceso software de la empresa debe asegurar que el proceso es conforme a los requisitos de los estándares. A nivel de proyecto, la adaptación del proceso organizacional debe asegurar también que el resultado es conforme a dichos requisitos. Se trata de una cuestión importante ya que, si no se tiene en cuenta, la adaptación del proceso podría dar lugar al no cumplimiento de esos requisitos.

La adaptación del proceso software es una actividad obligatoria en modelos como CMM [18] y CMMI [3]. En [1] proporciona un marco de trabajo completo y guías para la adaptación del proceso software en empresas que siguen estos modelos. Éste es uno de los estudios más completos sobre adaptación del proceso software y uno de los pocos que trata el problema de la conformidad con estándares. Otro de los artículos que trata este problema es [19] que propone un marco de trabajo estrictamente formal para la adaptación del proceso software e introduce la idea de verificar automáticamente el proceso resultante midiendo el número de dependencias entre elementos del mismo que preserva. [31] también aborda este problema con un enfoque formal.

4.6. Herramientas de soporte para la adaptación del proceso software

Como es habitual, el uso de herramientas de apoyo puede facilitar la actividad de adaptación del proceso software. Estudios como [20] y [21] definen la adaptación del proceso software como una actividad intensiva en conocimiento y analizan los

beneficios del uso de herramientas de gestión del conocimiento en este tipo de tareas. Distinguen entre el uso de conocimiento general sobre la adaptación del proceso software y el uso de conocimiento contextualizado sobre experiencias previas en la empresa. Como demuestran estos estudios, el uso de este tipo de conocimiento puede ser de gran ayuda, principalmente para personal con poca experiencia que debe enfrentarse a esta tarea.

[22] presenta una herramienta diferente que se basa en el uso de redes neuronales para la adaptación semiautomática del proceso software utilizando registros históricos como datos de aprendizaje para su sistema. Por tanto esta herramienta también se basa en el uso de conocimiento contextualizado en las actividades de adaptación del proceso software, aunque la ausencia de experiencias previas puede ser un problema para obtener buenos resultados de la misma.

5. Conclusiones

Este artículo presenta una revisión sistemática de la adaptación del proceso software que recoge y analiza la investigación más importante llevada a cabo en este tema hasta la fecha. El artículo proporciona un marco de trabajo actualizado en el que posicionar nuevas actividades de investigación. La aproximación sistemática seguida para la realización de esta revisión garantiza la compleción de los resultados obtenidos.

Como resultado de la revisión se identificaron distintas cuestiones de interés en la problemática de la adaptación del proceso software. Uno de los problemas más importantes que discutimos es el grado de formalidad en la actividad de adaptación del proceso software. Algunos de los estudios primarios revisados proponen un marco formal que demostró funcionar con éxito en situaciones reales. Sin embargo, todas estas experiencias tuvieron lugar en organizaciones de desarrollo de software grandes y avanzadas que pueden hacer frente a esta formalidad. En empresas pequeñas y medianas, una aproximación de este tipo puede ser excesiva. Así, normalmente este tipo de empresas se enfrentan a la adaptación del proceso software siguiendo un enfoque ad-hoc, lo que hace que el proceso resultante sea muy dependiente de la capacidad y preferencias de la persona responsable. Así, el proceso software obtenido finalmente puede no ser el más adecuado a las características de la empresa.

Como conclusión, la carencia más importante que hemos identificado en la adaptación del proceso software es la poca atención prestada a las PYMEs, y la

necesidad de dedicar más esfuerzo al desarrollo de un marco general para la adaptación del proceso software aplicable a un espectro mayor de empresas.

En nuestra opinión, la conformidad con estándares es otra área en la que todavía queda trabajo por hacer. Este problema es vital para empresas certificadas ISO [2] o CMMI [3]. Como la desviación del proceso estándar de la organización puede suponer problemas importantes para conservar la certificación, en ocasiones la falta de un marco para la adaptación del proceso software puede forzar a estas empresas a seguir un proceso que comprende actividades innecesarias para un proyecto determinado. La investigación disponible en esta área es realmente limitada y el problema está todavía abierto.

Uno de los problemas que encontramos es que las aproximaciones existentes para la adaptación del proceso software fueron definidas pensando en entornos específicos. Así, nuestro trabajo futuro en esta línea de investigación incluye el desarrollo de un marco completo y general para la adaptación del proceso software, aplicable a un mayor rango de empresas.

Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por: Xunta de Galicia PGDIT05SIN10502PR and 2006/4, Ministerio de Educación y Ciencia (PGE y FEDER) TIN2006-15071-C03-03 (para Oscar Pedreira, Miguel Luaces y Nieves Brisaboa); el Programa FPU del Ministerio de Educación y Ciencia (AP-2006-03214) (para Óscar Pedreira); el proyecto ESFINGE del Ministerio de Educación y Ciencia (FEDER) (TIN2006-15175-C05-05) (para Mario Piattini) y el proyecto COMPETISOFT (CYTED- 506PI0287).

Referencias

- [1] Ginsberg, M., Quinn, L., *Process tailoring and the software Capability Maturity Model*. Technical report, Software Engineering Institute (SEI), USA, 1995
- [2] ISO 9001:2000. *Quality management systems. Requirements*. International Organization for Standardization, 2000
- [3] *CMMI for Systems Engineering/Software engineering. Version 1.1*. Technical report, Software Engineering Institute (SEI), 2002
- [4] Biolchini, J., Mian, P.G., Natali, A.C.C., Travassos, G.H., *Systematic review in software engineering*. Technical report, Systems Engineering and Computer Science Department, UFRJ, Brasil, 2005
- [5] Kitchenham, B., *Procedures for performing systematic reviews*. Technical report Software Engineering Group, Department of Computer Science, Keele University, 2004

- [6] Nanda, V., "On tailoring an organizational standard software development process for specific projects". In: *Proceedings of the 11th International Conference on Software Quality*, pp. 1-13, 2001
- [7] Fitzgerald, B., Russo, N., OKane, T., "An empirical study of system development method tailoring in practice". In: *Proceedings of the Eighth European Conference on Information Systems*, pp. 187-194, 2000
- [8] Fitzgerald, B., Russo, N., O'Kane, T., "Software development method tailoring at Motorola". *Communications of the ACM*, vol. 46, num. 4, pp. 65-70, 2003
- [9] Budlong, F., Szulewski, P., Ganska, R., *Process tailoring for software project plans*. Technical report, Software Technology Support Center of the U.S. Air Force, USA, 1996
- [10] Hanssen, G.K., Westerheim, H., Bjrnson, F.O., "Tailoring RUP to a defined project type: A case study". In: *Product Focused Software Process Improvement: 6th International Conference, PROFES 2005*, pp. 314-327. Lecture Notes in Computer Science (3547/2005), Springer, 2005.
- [11] Basili, V., Rombach, D., "Tailoring the software process to project goals and environments". In: *Proceedings of the 9th international conference on Software Engineering*, pp. 345-357, IEEE CS Press, 1987
- [12] von Wangenheim, C.G., Weber, S., Hauck, J.C.R., "Experiences on establishing software processes in small companies". *Information and Software Technology* vol. 48, pp. 890-900, Elsevier, 2000
- [13] Bowers, J., May, J., Melander, E., Baarman, M., Ayoob, A., "Tailoring XP for large system mission critical software development". In: *XP/Agile Universe 2002: Second XP Universe and First Agile Universe Conference*, pp. 100-111. Lecture Notes in Computer Science (2418/2002), Springer, 2002
- [14] Cao, L., Mohan, K., Xu, P., Ramesh, B., "How extreme does extreme programming have to be? Adapting XP practices to large-scale projects". In: *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 1-10, IEEE CS Press, 2004
- [15] Westerheim, H., Hanssen, G.K., "The introduction and use of a tailored unified process a case study". In: *Proceedings of the 2005 31st EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications (EUROMICRO-SEAA05)*, pp. 196-203, IEEE CS Press, 2005

- [16] Oshana, R., "An industrial application of cleanroom software engineering – benefits through tailoring". In: *Thirty-First Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, vol. 6, pp. 122-131. IEEE Press, 1998
- [17] Oshana, R.S., "Tailoring cleanroom for industrial use". *IEEE Software*, pp. 46-55, IEEE Press, 1998.
- [18] *CMM: Capability Maturity Model*. Technical report, Software Engineering Institute (SEI), 1993
- [19] Yong, I.C., Min, S.Y., Bae, D.H., "Tailoring and verifying software process". In: *Proc. Eighth Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC'01)*, pp. 202- 209, IEEE Press, 2001
- [20] Xu, P., Ramesh, B., "A tool for the capture and use of process knowledge in process tailoring". In: *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS03)*, IEEE Press, 2003
- [21] Xu, P., "Knowledge support in software process tailoring". In: *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp.1-9, IEEE CS Press, 2005
- [22] Park, S., Naa, H., Parka, S., Sugumaranb, V., "A semi-automated filtering technique for software process tailoring using neural network". *Expert Systems with Applications*, vol. 30, pp. 179-189, Elsevier, 2006
- [23] Kitchenham, B.A., Peeger, S.L., Hoaglin, D.C., Emam, K.E., Rosenberg, J., "Preliminary guidelines for empirical research in software engineering". *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 28, num. 2, pp. 721-734, IEEE Press, 2002
- [24] Hikichi, K., Fushida, K., Iida, H., Ichi Matsumoto, K., "A software process tailoring system focusing to quantitative management plans". In: *Product-Focused Software Process Improvement, 7th International Conference, PROFES 2006*, pp. 441-446, Lecture Notes in Computer Science (4034/2006), Springer, 2006
- [25] Brodman, J.G., Johnson, D.L., "A software process improvement approach tailored for small organizations and small projects". In: *Proceedings of the International Conference on Software Engineering (ICSE 97)*, pp. 661-662, ACM Press, 1997
- [26] Keenan, F., "Agile process tailoring and problem analysis (APTLY)". In: *Proceedings of the 26th International Conference on Software Engineering (ICSE04)*, pp. 45-47, ACM Press, 2004
- [27] Kim, S.Y., Choi, H.J., "An evaluation of process performance for a small-team project-a case study". In: *Proceedings of the Fourth Annual ACIS International*

Conference on Computer and Information Science (ICIS05), pp. 308-313, IEEE CS Press, 2005

[28] Bustard, D.W., Keenan, F., “Strategies for systems analysis: Groundwork for process tailoring”. In: *Proceedings of the 12th IEEE International Conference and Workshops on the Engineering of Computer-Based Systems (ECBS05)*, pp. 357- 362, IEEE Press, 2005

[29]. Hollenbach, C., Frakes, W., “Software process reuse in an industrial setting”. In: *Fourth International Conference on Software Reuse (ICSR'96)*, pp. 22- 30, IEEE Press, 1996

[30] Lobsitz, R.M., “A method for assembling a project-specific software process definition”. In: *29th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'96) Volume 1: Software Technology and Architecture*, pp. 722-730, IEEE Press, 1996

[31]. Welzel, D., Hausen, H.L., Schmidt, W., “Tailoring ASRID conformance testing of software processes: The ProcePT approach”. In: *2nd IEEE Software Engineering Standards Symposium*, IEEE Press, 1995

[32] Henninger, S., Baumgarten, K., “A case-based approach to tailoring software processes”. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2001*, pp. 249-262, Lecture Notes in Computer Science (2080/2001), Springer, 2001

[33] Mnkandla, E., Dwolatzky, B., Mlotshwa, S., “Tailoring agile methodologies to the southern african environment”. In: *Extreme Programming and Agile Processes in Software Engineering*, pp. 259-262, Lecture Notes in Computer Science (3556/2005), Springer, 2005

[34] Pikkarainen, M., Salo, O., “A practical approach for deploying agile methods”. In: *Extreme Programming and Agile Processes in Software Engineering.*, pp. 213-214, Lecture Note in Computer Science (4044/2006), Springer, 2006