

## Revisión sistemática acerca de la implementación de metodologías ágiles y otros modelos en micro, pequeñas y medianas empresas de software

Juan David Yepes González, MSc (c)<sup>a</sup>, César Jesús Pardo Calvache, PhD<sup>b</sup>, Omar Salvador Gómez Gómez, PhD<sup>c</sup>

<sup>a</sup> División de Gestión Tecnológica, Conocimiento e Innovación, HMV Ingenieros Ltda, Cra. 43A No. 11A 80, Medellín, Colombia [jyepes@h-mv.com](mailto:jyepes@h-mv.com)

<sup>b</sup> Grupo de Investigación IDIS, Universidad del Cauca Calle 5 No. 4 -70, Popayán, Colombia [cpardo@unicauca.edu.co](mailto:cpardo@unicauca.edu.co)

<sup>c</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Av. Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba 060106, Ecuador [ogomez@epoch.edu.ec](mailto:ogomez@epoch.edu.ec)

**Resumen.** Actualmente, la gestión de proyectos de desarrollo de software en las micro, pequeñas y medias empresas está atravesando un proceso de cambio gracias a la introducción de nuevos enfoques y modelos ágiles que se integran a los procesos existentes permitiendo mejorar los tiempos, calidad, productividad y costos asociados. Sin embargo, la falta de comprensión y de una solución que soporte la integración adecuada con los procesos existentes de una organización, trae consigo una serie de obstáculos que entorpecen su implementación exitosa. En este sentido, se realiza una revisión sistemática alrededor de la implementación de metodologías ágiles y otros modelos en MiPyMEs. El objetivo es conocer lo que se ha realizado y logrado en este tipo de empresas respecto a las metodologías ágiles principalmente y otros modelos desde el punto de vista de: tendencias, propuestas, experiencias, factores de éxito, entre otros.

**Palabras clave:** metodologías ágiles; revisión sistemática; SCRUM; eXtreme Programming; ISO/IEC 29110; CMMI; micro pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs).

### 1 Introducción

En las últimas décadas, las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) han emergido, crecido y evolucionado impactando la economía de todos los países a nivel internacional. Las MiPyMEs desarrolladoras de software por su parte, han permitido extender el mercado de los países en nuevas áreas económicas completamente nuevas y de alto impacto para otros sectores, convirtiéndose en una de las principales industrias para muchos países, por ejemplo: India, Irlanda, Uruguay, Estados Unidos, Brasil, México, Colombia, entre otros. Según el reporte del 2013 de la Comisión Europea, el sector de las tecnologías de la información experimentó un crecimiento del 10% en el 2011, el cual ha seguido aumentando año tras año de forma positiva [1].

De acuerdo a [2] y [3], un gran porcentaje de empresas de software son MiPyMEs que desarrollan productos y servicios de gran valor para distintas economías, por ejemplo: el sector industrial, agroindustrial, salud, comunicaciones, bancario, gobierno,

militar, entre otros. Por otra parte, dado que la exigencia de la calidad ha aumentado de forma paralela a la evolución de las tecnologías, los productos de software requieren de buenas prácticas que permitan no sólo garantizar su calidad, sino también que sean acorde y adaptadas a las características del tipo de industria que las desarrolla, por ejemplo: tamaño y tipo de industria.

En los últimos años, las metodologías ágiles han cobrado especial interés en el sector académico y profesional, permitiendo principalmente dotar a las MiPyMEs de prácticas que favorecen su quehacer y la gestión de sus recursos desde enfoques ágiles y sin mayores formalismos que las metodologías tradicionales. Algunos de los enfoques ágiles más utilizados son eXtreme Programming (XP) [4], SCRUM [5] y Kanban. La adopción de estos modelos permite la gestión de proyectos de desarrollo de software, el control de requerimientos variables, la gestión efectiva y eficaz de los grupos de trabajo y el involucramiento y empoderamiento del cliente dentro del proyecto. Sin embargo, las empresas de desarrollo de software, en especial las MiPyMEs no siempre están preparadas para afrontar la implementación y adopción rápida y eficiente de un enfoque o metodología ágil, debido en primer lugar a hábitos obtenidos de sus métodos tradicionales que hacen más difícil el cambio de mentalidad, y segundo, por la falta de un verdadero entendimiento de los valores, principios y procesos en los cuales se basan las metodologías ágiles.

En este sentido, y teniendo en cuenta lo anterior, en este artículo se presenta una revisión sistemática de la literatura acerca del estado actual de las metodologías ágiles y su implementación junto a otros modelos en las MiPyMEs. Además de la presente introducción, el artículo muestra en la sección 2 buscar entrar en contexto acerca de los modelos y metodologías más mencionadas en el artículo. La sección 3 plasma la planificación y ejecución de la revisión sistemática. La sección 4 presenta los resultados y una discusión de ellos desde diferentes perspectivas, entre ellas: tendencias, países de estudio, tipos de empresas, tamaño de empresas, tamaño de equipos y modelos utilizados. A partir del análisis de los estudios analizados, se resume los factores de éxito encontrados en la implementación y adopción de metodologías ágiles. La sección 5 muestra las conclusiones y trabajos futuros.

## 2 Metodologías y Modelos

Para entrar en contexto se ofrece una introducción a Capability Maturity Model Integration (CMMI), la ISO/IEC 29110, Scrum y eXtreme Programming (XP).

### 2.1 Capability Maturity Model Integration (CMMI)

CMMI es un modelo que ofrece unos lineamientos para el desarrollo de aplicaciones o mejoramiento de procesos de una organización, además es usado para evaluar el nivel de madures de los procesos de una empresa. CMMI actualmente está orientado a tres áreas de interés:

- Desarrollo de productos y servicios. (CMMI for Development – CMMI-DEV).

- Establecimiento de servicios, Gestión. (CMMI for Services – CMMI-SVC).
- Adquisición de Productos y Servicios. (CMMI for Acquisition – CMMI ACQ).

## 2.2 ISO/IEC 29110

La ISO/IEC 29110 es un estándar internacional y reporte técnico que ofrece unos perfiles de ciclo de vida y lineamientos para el desarrollo de sistemas de información orientado a muy pequeñas empresas de hasta 25 empleados.

La ISO/IEC 29110 es una serie de estándares que buscan el mejoramiento de la calidad en el desarrollo de productos y servicios y no impide el uso metodologías de desarrollo de software tradicional como Cascada o Espiral o ágil como Scrum y XP.

La ISO/IEC 29110-5-1-2:2011 Management and engineering guide, propone dos procesos principales: Project Management (PM) el cual se enfoca en la iniciación y construcción de una planeación del proyecto, la ejecución de dicho plan, el control y valoración del proyecto y de la clausura al final del mismo. Software Implementation (SP) el cual se enfoca en el análisis de los requerimientos, diseño de la arquitectura global y detallada, la construcción del software, diseño e implementación de los pruebas, integración continua y entregables.

## 2.3 Scrum

Scrum es un marco que para gestión de proyectos de desarrollo de software, el cual se basa en la definición de unos roles, eventos, artefactos y reglas para la utilización conjunta de estos elementos.

Los roles se dividen en tres que son: El product owner, el Scrum master y el equipo de desarrollo.

Entre los eventos encontramos los siguientes: Los Sprints, los Sprint Planning, los Daily Scrum, el Sprint Review, y el Sprint Retrospective.

Los artefactos están compuestos por: El Product Backlog, el Sprint Backlog, el Scrum task board, el Sprint Burn-Down, y el Release burn-down.

## 2.4 eXtreme Programming (XP)

XP es una metodología de desarrollo de software que busca mejorar la calidad del software y responder rápidamente a los cambios requeridos por el cliente. Esto lo hace proponiendo entregas frecuentes en cortos ciclos de desarrollo con la intención de obtener retroalimentación oportuna frente a buenas necesidades del negocio.

Incorpora el concepto de programación en pares en donde dos personas trabajan juntas en una misma máquina, en donde uno toma el rol de driver quien es el que escribe el código y el observer o navigator quien está revisando el código en busca de errores o dando alternativas de codificación. La pareja frecuentemente deben intercambiar de roles.

XP, además propone que las parejas también varíen durante el transcurso del proyecto con el fin de incentivar que el conocimiento sea compartido con todos los miembros de equipo de trabajo.

### **3 Revisión Sistemática De La Implementación De Metodologías Ágiles y Otros Modelos En Micro, Pequeñas y Medianas Empresas**

Para el desarrollo de la revisión sistemática de la implementación de metodologías ágiles y otros modelos en micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) se siguió la plantilla de protocolo utilizada en [6][7]. El protocolo para la revisión consta de cinco partes generales: (i) formulación de la pregunta, (ii) selección de las fuentes, (iii) selección de los estudios, (iv) extracción de la información y (v) resumen de los resultados.

#### **3.1 Formulación de la pregunta**

La pregunta de investigación que se planteó para desarrollar esta revisión fue: *¿Qué procesos alrededor de las metodologías ágiles para micro, pequeñas y medianas empresas se han desarrollado o abordado para el desarrollo de software? A continuación se presenta el listado de términos utilizados para diseñar la pregunta de investigación: Agile Project Management, Agile Software Development, Agile Methods, Scrum, Extreme Programming, XP, Feature Driven Development, FDD, Pair Programming, ISO 209110, ISO/IEC 29110, SMES, SMBS, Small and Medium Enterprises, Small and Medium-Sized Businesses, PYMES, Small Sized Companies, Startup, Startup Company, Small Organizations, Small Enterprise, Small Entity, Medium Sized Company, Medium Organizations, Medium Enterprise, Medium Entity, Small Projects, Small Teams, Software, SPI, Software Process Improvement.*

La población que se observó fueron las publicaciones relacionadas con la implementación de metodologías ágiles en MiPyMEs, existentes en las fuentes seleccionadas para la revisión.

#### **3.2 Selección de las fuentes**

Con la combinación del listado de palabras identificadas se utilizaron conectores lógicos “AND”, “OR” y “NOT” y se obtuvo una cadena general básica de búsqueda (ver Tabla 1).

**Tabla 1.** Cadena de búsqueda básica.

```
(("Agile Project Manament" OR "Agile Software Development" OR "Agile methods" OR scrum OR "extreme programming"
OR XP OR "feature driven development" OR FDD OR "pair programming" OR "ISO 29110" OR
"ISO/IEC 29110") AND (smes OR smbs OR "small and medium enterprises" OR "small and medium-sized businesses"
OR pymes OR "Small Sized Companies" OR startup OR "Startup Company" OR "small organizations" OR "small enterprise"
OR "small entity" OR "Medium Sized Companies" OR "medium organizations" OR "medium Enterprise" OR "medium
entity" OR "Small Projects" OR "small teams") AND software AND NOT SPI AND NOT "software process improvement")
```

La lista de fuentes empleada para llevar a cabo la revisión sistemática fue: ScienceDirect en el tema de Computer Science, Wiley Online Library en el tema de Computer Science, ACM Digital Library, Scopus, el estándar ISO/IEC 29110, los sitios oficiales del Manifiesto Ágil, SCRUM, eXtreme Programming (XP) y otros artículos relacionados con el tema se revisaron como literatura gris. Al momento de utilizar la cadena y ejecutar la búsqueda, la cadena tuvo que ser adaptada a las características de cada uno de los motores de búsqueda de las fuentes escogidas.

### 3.3 Selección de los estudios

El procedimiento de selección de estudios para esta revisión está basado en el modelo de desarrollo software Iterativo Incremental. El proceso iterativo se realizó en la búsqueda, extracción y visualización de los resultados en cada una de las fuentes de búsqueda seleccionadas. Por su parte, el proceso incremental se desarrolla porque el procedimiento de selección de los estudios se ejecuta sucesiva o iterativamente en cada una de las fuentes, de manera que el informe de la revisión fue creciendo y evolucionando cada vez más hasta completar y obtener el reporte final de la revisión el cual ha sido resumido en este artículo.

### 3.4 Extracción de información

El criterio de inclusión de los estudios primarios obtenidos, se basó en el análisis del título, resumen y palabras claves. Algunos artículos no eran lo suficientemente claros en estos atributos, así que se decidió leer la introducción para tener una idea clara de la investigación. De esta forma se pudo determinar si los artículos tenían algún tipo de relación con la implementación de las metodologías ágiles en la industria y el tipo de enfoque con el cual abordan el tema.

Como criterio de exclusión, en algunos casos y para tener un mejor entendimiento del estudio, se realizó una lectura del resto del documento que ayudara a comprender los lineamientos de la investigación. Con base en esto, se pudo pasar a una lectura y análisis más detallada de los estudios, definir la relación con los objetivos de la investigación en curso y la revisión sistemática y seleccionarlo como estudio primario.

La información de las publicaciones que fueron consideradas como primarias se almacenó en una plantilla como se muestra en la Tabla 2, donde se observa un resumen de cómo se utilizó la plantilla con el análisis de uno de los estudios seleccionados.

**Tabla 2.** Ejemplo de la plantilla utilizada para almacenar la información.

Título	Understanding post-adoptive agile usage: An exploratory cross-case analysis.
Publicación	The Journal of Systems and Software 85 (2012) 1255–1268.
Año	2012.
Autores	Mali Senapathi , Ananth Srinivasan.
Resumen	Los estudios que se encuentran en la literatura están enfocados principalmente en estudiar o proponer métodos o enfoques para la implementación de una metodología ágil en la empresa para hacer frente a los proyectos de ingeniería de software, debido a esto hay una falta en identificar qué factores se presentan después de la post adopción, los retos que deben enfrentar las organizaciones para mantener el uso de estos métodos y la efectividad de los mismos. Este estudio busca dar un entendimiento de todos estos aspectos que se presentan en el día a día en la utilización de algún método ágil y la aceptación del mismo dentro de la organización.
Descripción	
Metodología ágil propuesta	Un framework para lograr un entendimiento de los factores que ayudan a una mejor adaptación de las metodologías ágiles.
Nivel de abstracción para el análisis	El estudio primordialmente ha fusionado otros métodos y propuestas para lograr entender el nivel de adaptación de una metodología ágil dentro de la organización y su efecto en un framework, que es aplicado a dos empresas que llevan tiempo empleando estos enfoques ágiles. Con esto se logra extraer unos factores claves de éxito en la adopción y expansión de uso del método en la organización.
Tipo de evaluación empírica	Estudio empírico sobre dos organizaciones que han implementado prácticas ágiles a sus procesos de desarrollo de software, utilizando entrevistas semi-estructuradas a miembros claves del equipo de trabajo.
Marcos analizados	Scrum con Kanban, Scrum con Waterfall/RUP
Relevancia	Alto
Aspectos a destacar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el proceso de adopción de nuevas tecnologías o enfoques, se pueden encontrar propuestas como: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Teoría de la difusión de la innovación (DOI) que está basada en 5 fases de proceso secuencial: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ventajas: Ofrece ventajas específicas con tu predecesor.</li> <li>▪ Compatibilidad: Es compatible con valores, prácticas, procesos existentes.</li> <li>▪ Complejidad: Fácil de usar. ▪ Testeabilidad: puede ser testeable ▪ Observabilidad: Es observable.</li> </ul> </li> <li>○ Modelo de Implementación de Sistemas de Información que ofrece 6 fases de modelo de implementación y buscan detallar la profundidad de penetración de la innovación en la organización. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Iniciación: Se identifica una necesidad de cambio, una coincidencia se identifica entre una innovación y la aplicación en la organización.</li> <li>▪ Adopción: La decisión es tomada de adoptar una innovación.</li> <li>▪ Adaptación: La adaptación trae unas necesidades contextuales.</li> <li>▪ Reutilización: Incremento en la extensión e intensidad de uso.</li> <li>▪ Infusión: Aumento en el uso de una forma más amplia y resultados de manera integrada en la mayor eficacia de los sistemas de desarrollos.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Factores de Innovación: Una organización se puede mover satisfactoriamente a una fase de post adaptativa solo cuando la innovación ofrece un mejoramiento específico consistente en comparación a su predecesor.</li> <li>• Factores Sociales: Relacionado con el nivel de conocimiento técnico de los equipos involucrados en la innovación, esto contribuye con el incremento de la productividad. Un alto nivel de habilidad pueden no ser asociado a la curva de aprendizaje de un domino no familiar o habilidad en un lenguaje.</li> <li>• Factores Tecnológicos: Incluye prácticas de desarrollo ágil y herramientas de soporte, como herramientas de testing automáticos. Registrar las prácticas ágiles pueden proveer ideas de que las prácticas híbridas pueden conducir a más resultados efectivos.</li> <li>• Factores Organizacionales: Incluye a TMS el cual se refiere a la puesta en marcha, soporte continuo y estímulo en la alta administración ejecutiva en la adopción e implementación de la innovación y MC se refiere a que el éxito en la adopción de metodologías ágiles implica cambios en la cultura organizacional, en los procesos y en la forma de hacer las cosas y juega un papel importante en fomentar y facilitar el uso continuo de las prácticas ágiles.</li> <li>• Uso de ágil: Es una medida clave en el éxito de implementación de una metodología de desarrollo de software y hace uso de diferentes terminologías como aceptación, uso/reutilización, infusión e incorporación. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El uso horizontal es el uso de la innovación a través de la organización como el porcentaje de proyectos y número de equipos.</li> <li>○ El uso vertical es la máxima intensidad de uso, es decir la profundidad de uso de una práctica ágil en específico.</li> </ul> </li> </ul>

## 4 Resultados y Discusión

Sobre los estudios seleccionados a los cuales se les aplicó la extracción de información, se realizó un análisis estadístico desde diferentes perspectivas, entre ellas: (i) tendencias de las publicaciones, (ii) países de estudio, (iii) tipo de Industria, para conocer qué sectores o clientes objetivo están interesados en dichos temas, (iv) tipo de empresa con relación al tamaño de la misma y (v) tamaño de los equipos de trabajo.

### 4.1 Tendencia de las publicaciones

Después de aplicar el procedimiento para la obtención de los estudios primarios, se encontraron 51 estudios, de los cuales 29 se clasificaron como estudios primarios. En la Fig. 1 se puede visualizar la tendencia de publicaciones de los estudios desde el año 2000 al 2015. Como se puede apreciar, desde el 2012 hubo un creciente interés por parte de la comunidad académica y profesionales del desarrollo de software en el estudio de las metodologías ágiles, a partir del 2013 se observa un descenso en la cantidad de investigaciones, para lo cual se puede asumir que parte de los estudios realizados en el 2014 no han sido todavía agregados e indexados en las bases de datos de las fuentes consultadas. Por su parte, los estudios relevantes para el 2015 son aún muy pocos, esto debido a que apenas está avanzando la primera mitad de este periodo.

Con el análisis realizado sobre los estudios primarios, fue posible clasificarlos en tres categorías como se muestra en la Tabla 3 y donde es posible observar que: el 21.89% de los estudios se pueden clasificar como estudios que se enfocan en analizar el estado de arte sobre otros estudios propuestos sobre metodologías ágiles (categoría 1), el 25% son estudios que se enfocan en proponer una nueva metodología ágil (categoría 2) y el 53.1% son estudios que se enfocan en analizar estudios de caso desarrollados en la industria de software.

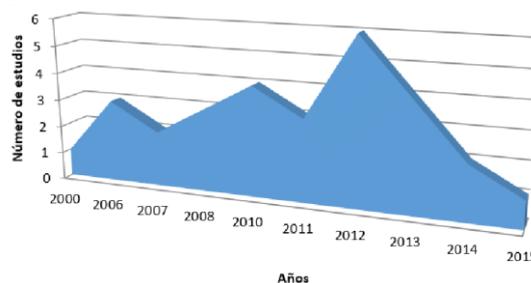


Fig. 1. Tendencia de publicaciones.

**Tabla 3.** Clasificación por tipo de estudio.

Cat	Tipo de Estudio	Estudios	No. de Estudios	%
1	Estudios que se enfocaron en analizar el estado de arte (otros estudios) sobre metodologías ágiles.	[18], [21], [25], [26], [37], [39], [40]	7	21.9%
2	Estudios que se enfocaron en proponer una nueva metodología ágil.	[14], [15], [25], [29], [32], [35], [36], [38], [42]	8	25.0%
3	Estudios que se enfocaron en analizar estudios de caso desarrollados en la industria de software.	[15-20], [22-28], [30], [36], [38], [40]	17	53.1%

#### 4.2 Países de estudio

En la Fig. 2 se pueden observar los países donde se han llevado a cabo las investigaciones de los estudios primarios seleccionados. La mayor contribución de estudios se centra en los países europeos con un porcentaje del 54%, esto, debido a que en estos países la implementación de metodologías ágiles lleva mucho más tiempo. Con relación a los países asiáticos, estos alcanzan un 15%, donde: India, Emiratos Árabes y Tailandia están a la cabeza. Los países latinoamericanos como: Argentina, Brasil, Colombia, México y Perú conforman un 15%, este porcentaje es un poco bajo en comparación a otros continentes, sin embargo, es necesario tener en cuenta que la implementación de los enfoques ágiles es muy joven al igual que su integración con otros enfoques como CMMI, estándares ISO y otros modelos.

#### 4.3 Clasificación por tipo de industria

La Fig. 3 muestra los sectores en los cuales las empresas de estudio de casos identificados se han enfocado, entre ellos: al sector financiero, telecomunicaciones, educación, turismo, gobierno, sector militar, entre otros. En la clasificación “entre otros” se han agrupado los estudios donde las empresas de desarrollo de software realizan trabajos a la medida sin importar el sector. Asimismo, en este grupo se clasificaron los estudios donde no se detalla el tipo de proyecto o sector. Con relación a la distribución de acuerdo a los sectores identificados, es posible observar que el sector gobierno (10%) posee un interés en el aprendizaje de los enfoques ágiles y su implementación en los procesos y proyectos de software. Otro sector interesado es el de las telecomunicaciones (7%); esto debido al fuerte crecimiento de este tipo de organizaciones a nivel mundial y la necesidad de apalancar las nuevas tecnologías emergentes alrededor de la movilidad y otras áreas de Internet, así como el Internet de las cosas (IoT). Otros sectores como el de los videojuegos (4%), el sector militar (4%), financiero (3%), comercio electrónico o e-commerce (3%) y turismo (3%) tienen una menor representación.

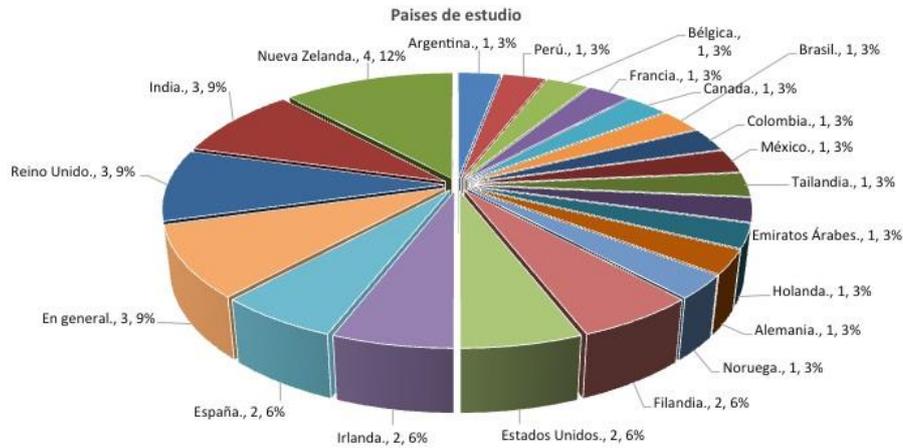


Fig. 2. Distribución de los estudios por país.

Al realizar un análisis más detallado por país, ha sido posible identificar que Noruega enfoca sus estudios en el sector financiero, e-commerce, turismo y telecomunicaciones. Estos sectores en particular han sido los de mayor crecimiento y por consiguiente los que demandan y requieren soluciones de software. Otros países como por ejemplo, Tailandia (3%), Emiratos Árabes (3%) y Nueva Zelanda (12%) se orientan más al sector del e-commerce (3%). A partir de la Fig. 3, es posible observar que el mayor porcentaje de los estudios realizados se centra en la industria del desarrollo de software a la medida en vez de un sector en particular, la principal razón para entender y aplicar los métodos ágiles responde a la necesidad de afrontar cualquier tipo de proyecto independientemente del sector en el que las empresas están trabajando. Además, el incremento de startups con base tecnológica y en especial el software ha incrementado en todos los países hace algunos años.

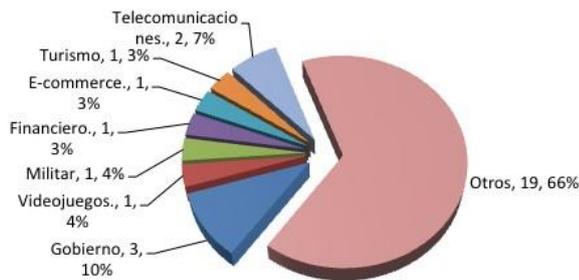


Fig. 3. Clasificación por tipo de industria.

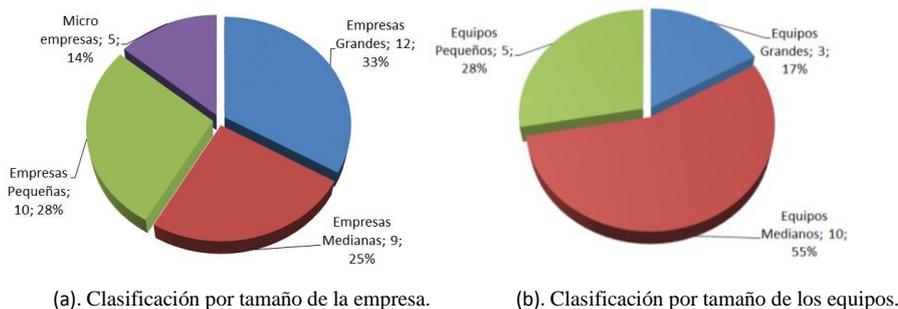
#### 4.4 Clasificación por tamaño de empresa

De acuerdo al Ministerio de Industria y Comercio en Colombia, las empresas se pueden clasificar de la siguiente forma de acuerdo al número de sus empleados: micro empresas

no mayor a diez (10 empleados), pequeña empresa (entre 11 y 50 empleados), mediana empresa (entre 51 y 200 empleados) y grandes empresas (mayor a 201 empleados) [1].

Como se muestra en la Figura 4 (a), los esfuerzos de aprendizaje, implementación y adopción de las distintas metodologías ágiles, está distribuido de forma casi equitativa entre los distintos tipos de organizaciones. Sin embargo, es importante resaltar que las MiPyMEs representan el 67% de los estudios con una diferencia, en total del 34% con relación a las grandes empresas. En este sentido, es posible decir que el grupo empresarial más grande (por cantidad de empresas) y enfocado en la implementación de prácticas y principios ágiles ha sido el de las MiPyMEs. Asimismo, hemos podido identificar que las MiPyMEs han decidido implementar prácticas ágiles dado que se adaptan mejor a sus características empresariales relacionadas a la cantidad de empleados, recursos económicos y tipo de proyectos con requerimientos cambiantes y/o desarrollos a la medida. Por otra parte, las grandes empresas buscan implementar un enfoque ágil para alivianar sus procesos y disminuir la complejidad y costos asociados a la implementación de enfoques con mayor formalismo, por ejemplo: una empresa certificada en CMMI que ha decidido implementar SCRUM.

Al realizar un análisis más detallado de los modelos más utilizados, ha sido posible observar que las MiPyMEs centran su interés de estudio en el estándar ISO/IEC 29110 y su integración con otros modelos ágiles así como SCRUM y XP, esto debido al interés en implementar la ISO/IEC 29110 con un enfoque ágil y lograr la certificación en un modelo que se adapte mejor a sus características, entre las que se pueden destacar principalmente: el costo asociado a la implementación de modelos como ISO/IEC 29110 es menor que con CMMI, el mantenimiento y complejidad de un modelo como CMMI es mucho mayor y requiere de un equipo demasiado grande para lograrlo. De forma inesperada, ha sido posible también observar un escenario bastante interesante con las grandes empresas, en donde el objetivo ha estado enfocado a agilizar sus procesos con la adaptación de sus prácticas, rediseñando por completo los procesos existentes pero conservando lo necesario para mantener la certificación. En este sentido, se han desarrollado enfoques híbridos que permiten soportar la implementación de un modelo como CMMI a partir de un modelo de gestión ágil como SCRUM.



**Figura 4.** Clasificación de los estudios.

#### 4.5 Clasificación por tamaño de los equipos

En la Figura 4 (b) el 55% de los trabajos analizados tienen en común el haber conformado equipos de trabajo medianos; característica alineada con los principios ágiles y que tiene un fuerte impacto en el éxito de los proyectos ágiles [16]. El problema se presenta con los equipos de gran tamaño, a los cuales la implementación y adopción de una metodología ágil se convierte en un gran desafío y lleno de obstáculos que impactan directamente en: el manejo de los equipos, cumplimiento de los sprints o reuniones de entrega y de lograr un entendimiento global del proyecto por parte del equipo, por ejemplo, para estos equipos los artefactos físicos como el muro de tareas (task board) y las historias de usuario, se convierten en una tarea compleja de mantener, además impide que el equipo logre tener una visión general del proyecto, sobre todo cuando estos equipos están dispersos geográficamente. Aunque se han desarrollado soluciones electrónicas de estos artefactos, al final no ofrecen las mismas ventajas en términos de cooperación y coordinación que en las reuniones físicas [19]. Otro ejemplo es que los equipos grandes están acostumbrados a trabajar con métodos más tradicionales como cascada o espiral y son muy reacios a cambiar su esquema de trabajo, también se ve cómo los equipos grandes crean falsas expectativas en su primer intento ágil, piensan que el nuevo enfoque puede solucionar todos los obstáculos y además, encaran un proyecto grande o de fuerte impacto sin estar realmente preparados [29]. Otro de los escenarios analizados ha sido el de los video juegos, los cuales por lo general tienen equipos de trabajo muy grandes y los estándares y modelos existentes proponen procesos que no son naturales para ellos y no les ofrece la flexibilidad y adaptabilidad que requieren [33].

#### 4.6 Modelos utilizados

La Figura 5 muestra los estándares, modelos y metodologías utilizadas en los estudios seleccionados. Como se puede observar, de los 29 estudios 7 utilizaron ISO/IEC 29110, 8 CMMI, 11 SCRUM y 9 XP, asimismo, algunos estudios han utilizado enfoques tradicionales como el modelo en cascada y espiral [28]. Por otro lado, el 34.5% de los estudios analizados proponen nuevas propuestas que permiten integrar metodologías tradicionales, estándares y modelos de facto con enfoques ágiles, por ejemplo CMMI e ISO/IEC 29110. Asimismo, se puede observar una tendencia de los trabajos realizados con relación al uso de modelos como SCRUM y XP con el 23.9% y 19.6% respectivamente, en este sentido, de acuerdo al análisis, éstos son los modelos ágiles más populares y de mayor implementación en la industria de software hasta el momento.

#### 4.7 Factores de éxito extraídos de los estudios analizados

Con el análisis de los estudios primarios, ha sido posible identificar y extraer algunos factores a tener en cuenta para soportar la implementación exitosa de una metodología ágil (ver Tabla 4).

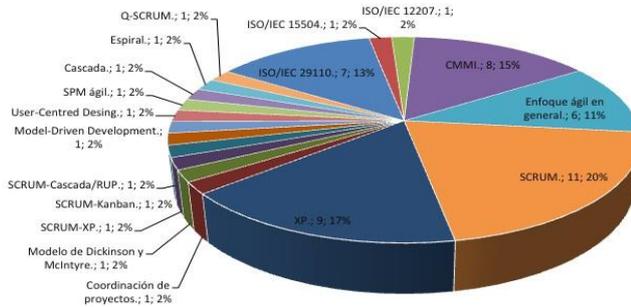


Figura 5. Modelos utilizados.

Tabla 4. Factores de éxito identificados de los estudios analizados.

<b>Factor 1: Tener equipos convencidos e involucrados.</b>
El equipo debe estar convencido que sus proyectos necesitan un cambio y que adoptar e integrar otro enfoque será determinante para su realización. Todo el equipo debe involucrarse.
<b>Factor 2: Implementar e institucionalizar un proyecto de mejora.</b>
La implementación e integración de nuevas prácticas debe gestionarse como un proyecto de mejora de procesos el cual debe estar apoyado por la alta gerencia, tener asignados recursos y gestionado por personal competente y experto.
<b>Factor 3: Identificar el valor agregado.</b>
El retorno de la inversión debe expresarse desde el valor agregado que la empresa desea alcanzar. El valor agregado puede definirse desde el punto de vista de la ausencia de un conjunto de atributos que la organización quiere lograr, por ejemplo: mayor formalismo y control, documentación, agilidad, retroalimentación permanente con el cliente, aumento de la satisfacción, entre otros. La empresa debe identificar cual es el valor agregado que espera tener en su proceso.
<b>Factor 4: Obtener el apoyo de la alta gerencia.</b>
El apoyo de la alta gerencia para implementar e integrar nuevas prácticas a las existentes es fundamental. La asignación adecuada de recursos, capacitaciones, personal, tiempo y esfuerzo es de suma importancia.
<b>Factor 5: Establecer objetivos alcanzables y medibles.</b>
Establecer objetivos alcanzables en el tiempo y que permitan medir el progreso y el retorno de la inversión a corto, mediano y largo plazo. La implementación de un nuevo enfoque o modelo debería impactar positivamente a la organización, nunca entorpecer y sobrecargar sus procesos existentes.
<b>Factor 6: Conseguir resultados rápidos y continuos.</b>
Es importante que si se integran nuevas prácticas a un proceso de desarrollo, éstas deben lograr conseguir resultados rápidos que permitan mantener la motivación continua y permanente a medida que se implementan cambios sobre proyectos en ejecución. Este factor debe permitir mostrar que el camino hacia el retorno de la inversión identificado se está logrando.
<b>Factor 7: Definir una estrategia para lograr la confianza y la colaboración.</b>
Una estrategia adicional al proyecto de mejora debe ser definida, en especial porque el proyecto de mejora por sí mismo no establece los métodos o prácticas para que los participantes estén altamente motivados, confiados y colaborativos. Adicional, los mecanismos de comunicación deben soportar las tareas relacionadas a la implementación de nuevas prácticas, documentación de lecciones aprendidas, problemas, soluciones, entre otros.
<b>Factor 8: Medir, supervisar y monitorear el valor ganado.</b>
Es importante poder controlar cada una de las tareas, actividades y procesos que se desarrollen en la implementación de nuevas prácticas. Asimismo, es importante poder medir el valor ganado a partir de los objetivos establecidos y el valor agregado identificado que la empresa desea alcanzar.
<b>Factor 9: Establecer procedimientos concretos para la combinación de múltiples enfoques.</b>
Identificar los procedimientos concretos a seguir y que permitan llegar a cabo la integración de múltiples enfoques sin mayores traumatismos. La solución a seguir debe establecer los elementos necesarios para dependiendo las características de la empresa, por ejemplo: tiempo, recursos, sencillez, entre otros.
<b>Factor 10: Comunicación cara a cara.</b>
El uso de herramientas tecnológicas no debe minimizar el valor de la comunicación cara a cara entre los participantes y miembros de equipos distribuidos geográficamente. En proyectos y compañías donde el desarrollo de software global es una de las formas principales de trabajo, es aconsejable al menos identificar una forma de comunicación en la cual las personas se puedan verse cara a cara.

## 5 Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se ha presentado una revisión sistemática sobre las metodologías ágiles definidas e implementadas en las MiPyMEs desarrolladoras de software. La revisión ha seguido un formalismo el cual ha permitido tener una visión completa de la situación actual. Asimismo, de validar los resultados a partir del protocolo establecido para llevar a cabo la revisión sistemática.

De acuerdo a los resultados obtenidos, ha sido posible observar un creciente interés sobre las metodologías ágiles, tanto en el aumento de su aplicación e implementación en empresas desarrolladoras de software, así como en la cantidad de estudios relacionados a su adopción. Por otra parte, ha sido interesante poder identificar cómo el interés por integrar prácticas ágiles con modelos tradicionales, convencionales, de facto y estándares internacionales ha aumentado considerablemente. Esto, quizás a necesidades particulares y también generalizadas, las cuales buscan solucionar problemas relacionados a: procesos complejos, retardos en las entregas, insatisfacción del cliente, costos, entre otros.

Para el fortalecimiento de la industria de software, es importante comprender que es imposible que un solo modelo o estándar solucione todas las necesidades de una empresa, en este sentido, es necesario que los gobiernos y proyectos al interior de los distintos países tengan una visión incluyente y orientada a escenarios multimodelo, la cual permita que las MiPyMEs y grandes empresas puedan implementar e institucionalizar múltiples prácticas a partir de múltiples enfoques, permitiendo obviamente solucionar múltiples necesidades y que además sea acorde a sus características.

Un aspecto a resaltar, es la popularidad de algunos enfoques ágiles así como SCRUM y XP, los cuales han sido ampliamente implementados e integrados por MiPyMEs y grandes empresas junto a otros modelos así como CMMI, ISO/IEC 29110, modelo en espiral, cascada, ISO/IEC 15504, Kanban, entre otros. Por otra parte, también es importante resaltar que la implementación de modelos más formales en MiPyMEs con una base de gestión ágil, no siempre termina en la certificación de dichos modelos, la principal causa identificada es el costoso relacionado a su implementación y certificación, o simplemente porque no necesitan acreditar la certificación en un modelo en particular y sólo buscan darle mayor formalismo a sus procesos actuales. Lo mismo ocurre con las grandes empresas, aunque en su mayoría están certificadas en un modelo un gran porcentaje de estos ha decidido implementar e integrar un enfoque más ágil que permita reducir los costos asociados. El objetivo ha sido mantener la certificación del modelo formal pero desde un enfoque ágil.

Con relación a las propuestas que integran enfoques formales con prácticas ágiles, es necesario destacar que se han desarrollado diversas soluciones que soportan su integración. Sin embargo, la gran mayoría toma como base SCRUM y XP como modelos (base) para llevar a cabo la integración de otros enfoques como CMMI, ISO 29110, Kanban, entre otros. Esto, quizá porque las MiPyMEs son el grupo más representativo en comparación al número que conforman las grandes empresas. Sin embargo, esta situación no ha disminuido el diseño de propuestas que permitan soportar

la implementación de prácticas ágiles en empresas certificadas previamente en modelos con mayor formalismo.

En el estudio realizado también resalta los aspectos claves por el cual un enfoque ágil puede fallar dentro de una organización, de hecho los principales factores están relacionados con una falta de entendimiento y de empoderamiento del enfoque, de sus prácticas y artefactos. Comúnmente los nuevos equipos ágiles afrontan sus proyectos con poca orientación en el tema y muchas veces miembros del equipo pueden estar engeguados por las bondades del agilismo, olvidando o dejando de un lado todos los procesos técnicos necesarios para desarrollar una solución de software, o en el otro extremo, pueden estar totalmente en desacuerdo con el nuevo enfoque, generando más obstáculos al equipo y por ende al desarrollo de la solución. Otro factor clave que se presenta es la falta de involucramiento de los clientes en todo el proceso, lo cual esta desalineado con uno de los principios del agilismo y obteniendo como resultado proyectos con muchas incertidumbre e incumplimientos.

Es importante que las organizaciones y equipos de trabajo que están pensando en adoptar algún enfoque ágil, lo interioricen en su totalidad, generando modificaciones al mismo que cumplan con las características particulares de su entorno, en busca de buenos resultados y crecimiento futuro.

A partir de los resultados obtenidos con la realización de esta revisión sistemática, como trabajo futuro se espera abordar dos líneas de trabajo. En primer lugar, se espera llevar a cabo una segunda ejecución del protocolo en nuevas fuentes de información, esto con el objetivo de identificar un mayor número de trabajos que no fueron encontrados en las fuentes tratadas en esta revisión. En segundo lugar, diseñar un modelo que integre tres enfoques en particular, el primero que tome como base las prácticas de un modelo o estándar certificable y que sea acorde a las características de las MiPyMEs desarrolladoras de software, segundo, que integre prácticas de gestión ágil y tercero, que este enmarcado en un proceso de gestión de conocimiento que apoye el crecimiento de la organización, de sus recursos humanos y de sus clientes. Con este modelo, se espera poder soportar la gestión ágil de proyectos de software además de facilitar la certificación de sus procesos de las empresas.

## Referencias

1. MCIT, "Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Online: <http://goo.gl/Nesa05>
2. European Commission, "Annual Report on European SMES 2012/2013. Online: <http://goo.gl/4tcmys>
3. Laitinen, M., Ward, R.P.: Software Engineering in the Small, Communications of the ACM, vol. 43, issue 3, pp. 115 a 118. ACM, San Francisco. (2000)
4. Extreme Programming, Extreme Programming: A gentle introduction. Online: <http://goo.gl/7XxunW>.
5. Scrum, Scrum – Improving the Profession of Software Development, <https://www.scrum.org/>.
6. Kitchenham, B.: Procedures for performing systematic reviews, Keele, UK, Keele University 33, pp. 1 a 23. Staffordshire, (2004)
7. Pardo, C.: Revisión Sistemática de la Armonización de Marcos en la Mejora de los Procesos Software,

- Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información, ESI. Ciudad Real. (2009)
8. ISO, ISO/IEC TR 29110-1:2011. Software engineering - Lifecycle profiles for VSEs - Part 1: Overview. 2011, ISO: Ginebra.
  9. ISO, ISO/IEC 29110-2:2011. Software engineering - Lifecycle profiles for VSEs - Part 2: Framework and taxonomy. 2011, ISO: Ginebra.
  10. ISO, ISO/IEC TR 29110-3:2011. Software engineering - Lifecycle profiles for VSEs - Part 3: Assessment guide. 2011, ISO: Ginebra.
  11. ISO, ISO/IEC 29110-4-1:2011. Software engineering - Lifecycle profiles for VSEs - Part 4-1: Profile specifications. 2011, ISO: Ginebra.
  12. ISO, ISO/IEC TR 29110-5-6-2:2014. Software engineering - Lifecycle profiles for VSEs - Part 5-6-2: Management and engineering guide. 2014, ISO: Ginebra.
  13. ISO, ISO/IEC TR 29110-5-1-1:2012. Software engineering - Lifecycle profiles for VSEs - Part 5-1-1: Management and engineering guide. 2012, ISO: Ginebra.
  14. Agile Manifesto, Manifesto for Agile Software Development, <http://www.agilemanifesto.org/>.
  15. Losada, B., Urretavizcaya, M., Fernández, I.: A guide to agile development of interactive software with a “User Objectives”-driven methodology, SCP, vol. 78, pp. 2268 a 2281. San Sebastián. (2013)
  16. Brede, N., Dingsøy, T., Dybå, T.: A teamwork model for understanding an agile team: A case study of a Scrum Project, Journal IST, vol. 52, pp. 480 a 491. Science Direct, Trondheim. (2010)
  17. Sharp, H., Robinson, H.: Collaboration and co-ordination in mature eXtreme programming teams, Int. J. Human-Computer Studies, vol. 66, pp. 506 a 518. Science Direct, Milton Keynes. (2008)
  18. Strode, D., Huff, S., Hope, B., Link, S.: Coordination in co-located agile software development projects, The Journal of Systems and Software, vol. 85, pp. 1222 a 1238. Science Direct, Wellington. (2012)
  19. Bipp, T., Lepper, A., Schmedding, D.: Pair programming in software development teams – An empirical study of its benefits, Information and Software Technology, vol. 50, pp. 231 a 240. Science Direct, Dortmund. (2008)
  20. Wood, S., Michaelides, G., Thomson, C.: Successful extreme programming: Fidelity to the methodology or good teamworking?, S&S Journal, vol. 85, pp. 1222 a 1238. Science Direct, Leicester. (2012)
  21. Hoda, R., Noble, J., Marshall, S.: The impact of inadequate customer collaboration on self-organizing Agile teams, IST Journal, vol. 53, pp. 521 a 534. Science Direct, Wellington. (2011)
  22. Clarke, P., O’Connor, R.: The situational factors that affect the software development process: Towards a comprehensive reference framework, Information and Software Technology, vol. 54, pp. 433 a 447. Science Direct, Dublin. (2012)
  23. Senapathi, M., Srinivasan, A.: Understanding post-adoptive agile usage: An exploratory cross-case analysis, S&S, vol. 85, pp. 1255 a 1268. Science Direct, Auckland. (2012)
  24. Vlaanderen, K., Jansen, S., Brinkemper, S., Jaspers, E.: The agile requirements refinery: Applying SCRUM principles to software product management, Information and Software Technology, vol. 53, pp 58 a 70. Science Direct, Utrecht. (2011)
  25. Rising, L., Janoff, N.: The Scrum Software Development Process for Small Teams, IEEE SOFTWARE, pp. 0740 a 7459/00. Scopus, Phoenix. (2000)
  26. Huang, W., Li, R., Maple, C., Yang, H., Foskett, D., Cleaver, V.: A Novel Lifecycle Model for Webbased Application Development in Small and Medium Enterprises, International Journal of Automation and Computing, vol. 7(3), pp. 389 a 398. Scopus, Luton. (2010)

27. Nageswara, K., Kavita, G., Chakka, P.: A Study of the Agile Software Development Methods, Applicability and Implications in Industry, *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, vol. 5, no. 2. Scopus, Visakhapatnam. (2011)
28. Hajjdiab, H., Taleb, A., Ali, J.: An Industrial Case Study for Scrum Adoption, *Journal of Software*, vol. 7, no. 1, Abu Dhabi. (2012)
29. Hoda, R., Noble, J., Marshall, S.: Organizing Self-Organizing Teams, *Proceedings – International Conference on Software Engineering*, vol. 1, pp. 285 a 294. Scopus, Wellington. (2010)
30. Siddoo, V., Wongsai, N., Wetprasit, R.: An Implementation Approach of ISO/IEC 29110 for Government Organizations, *LNCS*, vol. 7983, pp. 5 a 19. Computer Science, Phuket. (2013)
31. Kasurinen, J., Laine, R., Smolander, K.: How applicable is ISO/IEC 29110 in Game Software Development?, *LNCS*, vol. 7983, pp. 5 a 19. Computer Science, Lappeenranta. (2013)
32. Laporte, C., O'Connor, R., Fanmuy, G.: International Systems and Software Engineering Standards for Very Small Entities, *The Journal of Defense Software Engineering*. CrossTalk, Dublin. (2013)
33. Galván Cruz, S., Mora, M., O'Connor, R., Acosta Escalante, F., Alvarez, F.: On Project Management Process in Agile Systems Development Methodologies and the ISO/IEC 29110 Standard (Entry Profile), *CNCIC-ANIEI*. Doras, México. (2014)
34. Glazer, H., Dalton, J., Anderson, D., Konrad, M., and Shrum, S.: CMMI or Agile: Why Not Embrace Both!, *Technical Note CMU/SEI-2008-TN-003*, Software Engineering Process Management. (2008)
35. Glazer, H.: Love and Marriage: CMMI and Agile Need Each Other, *The Journal of Defense Software Engineering*. CrossTalk, Pennsylvania. (2010)
36. Navarrete, F., Botella, P., Franch, X.: An Approach to Reconcile the Agile and CMMI Contexts in Product Line Development, *APLE '06*, Baltimore. (2006)
37. Pikkarainen, M., Mäntyniemi, A.: An Approach for Using CMMI in Agile Software Development Assessments: Experiences from Three Case Studies, *SPICE 2006*. Spice, Luxemburg. (2006)
38. Fritzsche, M., Keil, P.: Agile Methods and CMMI: Compatibility or Conflict?, *e-Informatic a Software Engineering Journal*, vol. 1, issue 1. München. (2007)
39. Hurtado Alegría, J., Bastarrica, M.: Implementing CMMI using a Combination of Agile Methods, *Clei Electronic Journal*, vol. 9, num. 1, paper 7. CIEI, Colombia. (2006)
40. Marçal, A., de Freitas, B., Furtado, F.: and A. Belchior, Mapping CMMI Project Management Process Areas to SCRUM Practices, *Software Engineering Workshop, 31st IEEE*, pp. 13 a 22. Brasil. (2007)
41. O'Connor, R., Laporte, C.: Software Project Management in Very Small Entities with ISO/IEC 29110, *Communications in Computer and Information Science*, vol. 301, pp. 330 a 341. Dublin. (2012)
42. García, L., Laporte, C., Arteaga, J., Bruggmann, M.: Implementation and Certification of ISO/IEC 29110 in an IT Startup in Peru, *Software Quality Professional*, vol. 17, no. 2, pp. 16 a 29. Perú. (2015)
43. Pasini, A., Esponda, S., Boracchia, M., Pesado, P.: Q-Scrum: una fusión de Scrum y el estándar ISO/IEC 29110, *XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. Buenos Aires. (2013)