

Propuesta de Mecanismo de Medición de Agilidad de Proyectos de Desarrollo

Cecilia Nacimiento, Santiago Matalonga, Alejandro Adorjan, Gastón Mousqués

Universidad ORT Uruguay, ORT
Montevideo, Uruguay

{cecilianacimiento; smatalonga; aadorjan;
mousques}@uni.ort.edu.uy

Abstract. El desarrollo ágil de software es una perspectiva para la creación de productos de software que ha ganado bastante terreno dentro de la industria. El principal aliciente de dicha perspectiva es la orientación que estas metodologías tienen hacia la tarea del programador, por sobre la definición de procesos. Sin embargo, a pesar de haber pasado más de diez años desde la firma del manifiesto ágil de software, la industria se encuentra en un punto en donde no existe una definición formal ni acordada en torno al concepto de lo que implica ser ágil.

A nuestro criterio, que no exista una definición formal ni acordada de que es ser ágil, es un problema porque entendemos que se encuentran resultados negativos de proyectos que “dicen ser ágiles”, cuando en la práctica no existe una manera inequívoca de clasificarlos. Por otro lado, desde el punto de vista académico, esta limitación se hace evidente también al intentar agregar resultados de distintos casos de estudio en contextos ágiles.

Para solucionar el problema, este trabajo presenta un mecanismo para la medición del grado de agilidad de un proyecto de software. Esta propuesta se diferencia en la visión que la agilidad es un continuo, principalmente restringido por el contexto en donde ejecuta el proyecto. Y en que el objeto de medida es la implementación real del proceso y no la definición o metodología seleccionada.

El mecanismo de medición propuesto está constituido por una encuesta para la recolección de datos, y un algoritmo de cálculo para valorar las respuestas. El mismo fue validado en forma incremental, en trabajos correspondientes a materias de grado y postgrado sobre la temática de desarrollo ágil de software, en los proyectos de fin de carrera y en la industria. Los resultados obtenidos validan el enfoque propuesto, y muestran que el mecanismo es capaz de evaluar a un proyecto según una escala que representa el Grado de Agilidad.

Keywords: ágil; medición ágil; proyectos ágiles; medición de agilidad.

1 Introducción

El desarrollo ágil de software, según Cockburn [1], es un movimiento dentro de disciplina de la Ingeniería de Software, que se ha distanciado de las metodologías tradicionales orientadas a la planificación. Las principales ideas dentro del paradigma de

desarrollo ágil son: desatacando el programador como productor de conocimiento, la interacción con sus pares, la capacidad de comunicación, y la adaptación al cambio.

Las metodologías ágiles se caracterizan por ciclos de desarrollos cortos e iterativos con equipos auto-organizados, diseños simples con refactorización de código, donde el desarrollo conducido por la prueba es práctica habitual y la participación de los clientes en forma frecuente permite presentar la evolución del producto en cada ciclo de desarrollo [2]. En estos años han surgido diversas metodologías llamadas ágiles, siendo las más populares Scrum, Scrum/Xp, XP [3]. Aunque estas metodologías de desarrollo existen desde antes que la firma del manifiesto [4]. El manifiesto marca un hito en la Ingeniería de software, generando una división dentro de la disciplina [5], entre quienes creen en la aplicación de estas metodologías, y quienes defienden los métodos “tradicionales” o guiados por los planes [6].

Esta división tan precisa de la disciplina, lleva a conjeturar la existencia de una definición clara para determinar si un proyecto de desarrollo de software es ágil o no. Sin embargo, aunque la mayoría de las definiciones propuestas por la literatura se basan en el manifiesto no existe aún una definición formal de agilidad. Esto evidencia un problema para la industria, y para el estado del arte. Para la industria porque no le permite distinguir casos de éxito de proyectos “ágiles reales” de otros autoproclamados que quizás no sigan alguno de los valores del Manifiesto Ágil. A nivel académico es un problema porque no es posible agregar resultados de diferentes casos de estudio [7], por tanto, generar evidencia que permita generar teoría de los resultados de los proyectos.

El presente trabajo busca solucionar este problema al proponer un mecanismo de medición que evalúe la agilidad de la implementación de la metodología seleccionada por un proyecto desarrollo de software. Este punto es un elemento distintivo de nuestro trabajo en comparación con otros encontrados en la literatura (ver sección 2). Nuestro objetivo es medir la implementación de la metodología de producción de software dentro del contexto del proyecto, en lugar de intentar hacerlo contra una definición del proceso de software. El objetivo final es determinar si este mecanismo de medición es capaz de segmentar proyectos de desarrollo para permitir la agregación de sus resultados. Además, como aporte al cuerpo de conocimiento el mecanismo de medición fue desarrollado bajo la conceptualización que la “agilidad” no es un concepto binario, sino un espectro de posibilidades que en la práctica se encuentran restringidas por limitaciones del contexto. De esta forma, el mecanismo propuesto mide este concepto al que denominamos “Grado de Agilidad”, permitiendo así comparar proyectos con restricciones similares.

El mecanismo propuesto fue validado en forma incremental en tres instancias, cada una con menor grado de control por parte de los investigadores. En primera instancia en proyectos de trabajo de una asignatura sobre la temática (Desarrollo ágil de Software), luego en los proyectos finales de carrera, ambos casos a nivel universitario y finalmente en el campo con empresas de producción de software uruguayas.

Los resultados de estas validaciones muestran que el mecanismo de medición propuesto es efectivo a la hora de comparar proyectos, aunque todavía se requiere estudiar más su calibración para evaluar si es posible segmentar los grados de agilidad de forma de permitir agregar resultados de los proyectos.

El presente trabajo se estructura de la siguiente forma, la Sección 2 presenta el estado del arte. En la 3 se expone la metodología de investigación que se utilizó para elaborar la propuesta de medición que planteamos. La 4 refiere al mecanismo de medición propuesto. La 5 presenta las evaluaciones a las cual fue sometido el mecanismo tanto a nivel académico como a nivel industrial. En la 6 se presentan las discusiones. Finalmente se expone las conclusiones a las cuales se arribaron y los trabajos futuros.

2 Revisión de la literatura

Las metodologías ágiles de desarrollo toman su propuesta de los valores del manifiesto ágil [7]. El manifiesto fue firmado en el año 2001, es en él que se encuentran el conjunto de premisas, que en principio deberían estar presentes en las metodologías que dicen seguir los valores y principios definidos en el mismo. Si bien el manifiesto muestra un contexto amplio, distintos autores destacan aspectos relevantes de las metodologías.

Según describe Agile Alliance [8], a finales de la década de los '90 varias metodologías comenzaron a llamar cada vez más la atención. Cada una tenía una diferente combinación de viejas y nuevas ideas, sin embargo todas ellas destacaban la estrecha colaboración entre el equipo de programadores y los expertos en negocios; la necesidad de comunicación cara a cara (como más eficiente que la documentación escrita); las entregas frecuentes y los equipos compactos y auto-organizados.

Cockburn [9] y Highsmith [10] mencionan que la idea predominante en el desarrollo ágil, se presenta cuando un equipo puede responder más efectivamente a los cambios, reduciendo los costos de intercambiar información y los tiempos de toma de decisiones. Los autores señalan, que los equipos ágiles focalizan la competencia individual como factor crítico en el éxito de un proyecto. Los procesos ágiles a su vez, están diseñados para capitalizar en cada individuo y en cada equipo fortalezas únicas. En este contexto, los equipos ágiles se caracterizan por ser auto-organizados y con intensa colaboración a través de las fronteras organizacionales.

Boehm y Turner [6] definen agilidad, en el contexto de aplicar la memoria y la historia para ajustarse a nuevos entornos, reaccionar y adaptarse, tomar ventajas de oportunidades inesperadas y actualizar las bases de experiencias para el futuro. Por su parte, Kruchten [11] define agilidad como la capacidad de una organización para reaccionar ante los cambios en su entorno más rápido que la velocidad en que se producen dichos cambios.

Una vez analizadas las diferentes definiciones encontradas en la literatura del área, se puede concluir que si bien no existe una definición rigurosa, completa y consensuada del término agilidad, la mayoría de los autores coinciden en los conceptos de agilidad propuestos por el manifiesto ágil.

2.1 Mecanismos de medición identificados en la literatura

Recientes investigaciones se han centrado en el problema de lo que implica ser ágil. Por ejemplo, Kruchten [11] presenta una definición del concepto de agilidad basado

en dimensiones individuales que se mapean a los valores del manifiesto, concluyendo que la agilidad no debería estar definida en términos de prácticas, sino en la habilidad de la organización a reaccionar a los cambios del entorno.

Este esquema taxonómico parece ser el camino aceptado por diversos autores, como por ejemplo, Pikkarainen [12], Leffingwell [13] y Boehm and Turner [6]. Entre ellos no existe un consenso en cuanto a la definición, ni en la valuación de las dimensiones. Pero el esquema general se basa en la interpretación que ser ágil, no es una caracterización binaria, sino un rango de valores que puede ser medido a través de escalas ordinales. Por tanto, las propuestas tratan en general de establecer estas escalas para poder establecer una medida de que tan ágil es un proyecto o proceso de desarrollo de software.

Boehm and Turner [6] describen un framework para establecer esta medición. El objetivo del mismo es determinar el grado de agilidad/disciplina requerido por un proyecto en base a las siguientes dimensiones: criticidad, experiencia del personal, dinamismo del entorno, cultura organizacional y tamaño del equipo.

Leffingwell [13] propone un modelo de autoevaluación de la agilidad basado en dimensiones ordinales de 5 valores. En estas dimensiones están modelados conceptos del proceso como ser: la existencia del product owner, gestión de liberaciones, gestión de la iteración, integración del equipo, testing y prácticas de desarrollo. Según el autor, el objetivo de esta evaluación no es dar un grado de agilidad, ni comparar procesos de desarrollo ágil, sino ayudar a los equipos a identificar puntos para mejorar el proceso.

MendesCalo, et. al. [7], proponen un framework de evaluación cuantitativo para las metodologías ágiles de desarrollo, se aplicó a Scrum y eXtreme Programming (XP). El mecanismo permite evaluar en cuánto las metodologías ágiles satisfacen los principios básicos definidos por el Manifiesto Ágil.

3 Metodología de Investigación para la Elaboración de la Propuesta de Medición

El objetivo del trabajo es proponer un mecanismo de medición de agilidad que permita comparar el apego a la agilidad de proyectos de desarrollo de software.

Con el fin de resolver el objetivo planteado, las preguntas de investigación que se deben responder son:

PI1: ¿Qué definiciones de agilidad existen en la literatura?

PI2: ¿Existen herramientas/métodos o propuestas para medir agilidad?

Para contestar las preguntas planteadas se utilizó la siguiente metodología:

1. Revisión de la literatura existente.
2. Propuesta de un nuevo mecanismo de medición.
3. Validación del mecanismo propuesto.

En la sección 2, se presentaron los resultados de la revisión de la literatura realizada con el objetivo de encontrar respuesta a las preguntas planteadas anteriormente. De

la misma, se concluye que no existe una única definición de agilidad consensuada, aunque las definiciones propuestas por los distintos autores claramente están todas basadas en los valores y principios del manifiesto ágil.

A nuestro entender, de esta diversidad de definiciones se desprende que el concepto de ser ágil no es un concepto binario, sino un continuo de posibles valores. Esta visión parece ser compartida por los mecanismos de medición identificados expuestos en 2.1. Todos estos mecanismos tienen como representación de salida un gráfico de red que marca cada una de las dimensiones seleccionadas el valor alcanzado por el atributo medido. Esto refuerza la idea de que el rango de valores posibles (al que nosotros denominamos grado de agilidad) que pueden ser alcanzados cuando se intenta medir la agilidad.

Otra distinción importante, es que con excepción de los trabajos de [6] y [7], las propuestas que miden agilidad de esta manera son en su mayoría productos comerciales. Y por tanto, los criterios que guían estas mediciones no están disponibles para ser evaluados. De las tres propuestas académicas, los trabajos de [6] y [13] son propuestas de libros de texto para las que no hemos encontrado aplicación que continúe el desarrollo de estas propuestas. Por último, la propuesta de [7] es un mecanismo para definiciones de metodologías y lo aplica a XP y Scrum.

A diferencia de las propuestas mencionadas anteriormente, la nuestra está orientada a medir el grado de agilidad de un proyecto de desarrollo de software.

4 Propuesta de Mecanismo de Medición de Agilidad

El objetivo del mecanismo propuesto es medir el Grado de Agilidad de un proyecto de desarrollo de software. Esto significa que el objeto de interés es el proyecto, su aplicación real de los conceptos, y no el nombre o tipo de metodología que describan estar siguiendo. El objetivo final es conseguir comparar proyectos de desarrollo, de forma de poder, agregar resultados de distintos proyectos.

La propuesta consiste en generar un mecanismo de medición que permita ordenar los proyectos según alguna interpretación (establecida y definida en este trabajo) del Grado de Agilidad. Siendo el punto central para la construcción de este mecanismo de medición encuentra la conceptualización de que “ser ágil” no es una pregunta binaria, sino que la agilidad puede darse en un espectro de valores que seguramente estén condicionados por el contexto donde el proyecto ejecuta. Por tanto, consideraremos que debería ser posible comparar la agilidad de dos proyectos de desarrollo teniendo en cuenta su apego a los valores y principios del manifiesto ágil [7] (ver Tabla 1).

Esto implica que el mecanismo propuesto en este trabajo establece una escala ordinal que permitir ordenar proyectos de desarrollo a partir del grado de agilidad obtenido como resultado de someter el proyecto al mecanismo de medición propuesto.

Por otro lado, en cuanto a la construcción de este mecanismo, se observó que todos los mecanismos de medición referenciados anteriormente están orientados a encuestas, usualmente contestadas por sujetos que están asociados a un entorno de agilidad. El sistema de recolección de datos seleccionado para esta propuesta al igual que en los referenciados es una encuesta. Siendo un aporte de nuestra metodología que la

misma se realizará a todos los integrantes del proyecto sin importar que los mismos conozcan o utilicen metodologías ágiles.

En resumen, de lo anterior se desprende que:

1. La definición de agilidad seguida por la propuesta, es la que se desprende del grado de alineación de un proyecto a los principios y valores del manifiesto ágil [7].
2. El mecanismo de medición a utilizar estará orientado a comparar instancias de proyectos, no metodologías. Es decir, no pretendemos comparar definiciones teóricas de dos metodologías ágiles distintas, sino como dos o más proyectos implementan sus procesos de desarrollo teniendo en cuenta las restricciones del contexto donde se lleva a cabo del mismo.
3. El método de recolección de datos estará basado en encuestas a los miembros de los proyectos a ser medidos.

La propuesta del mecanismo de medición se compone de dos partes:

1. Un método de recopilación de datos (Encuesta).
2. Cálculo de grado de agilidad a partir de los datos (Métrica de Agilidad).

Con el objetivo de comunicar el mapeo realizado entre los valores del manifiesto y las preguntas que constituyen el mecanismo de medición, a continuación enumeramos e indexamos los valores y principios (ver Tabla 1) ágiles para después referenciar a las preguntas que constituyen la encuesta.

Tabla 1. Valores y Principios del Manifiesto Ágil.

	ID	Descripción	ID	Descripción
VALORES	V1	Valorar al individuo y a las interacciones del equipo de desarrollo por encima del proceso y las herramientas.	V3	Valorar la colaboración con el cliente por sobre la negociación contractual.
	V2	Valorar el desarrollo de software que funcione por sobre una documentación exhaustiva.	V4	Valorar la respuesta al cambio por sobre el seguimiento de un plan.
PRINCIPIOS	P1	La prioridad es satisfacer al cliente mediante entregas tempranas y continuas de software que le aporte un valor.	P7	El software que funciona es la medida principal de progreso.
	P2	Dar la bienvenida a los cambios. Se capturan los cambios para que el cliente tenga una ventaja competitiva.	P8	Los procesos ágiles promueven un desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios deberían ser capaces de mantener una paz constante.
	P3	Entregar frecuentemente software que funcione en un período de tiempo de un par de semanas a un par de meses, con el menor intervalo de tiempo posible entre entregas.	P9	La atención continua a la calidad técnica y al buen diseño mejora la agilidad.
	P4	Los representantes del negocio y los desarrolladores deben trabajar juntos a lo largo del proyecto.	P10	La simplicidad es esencial
	P5	Construir el proyecto en torno a individuos motivados. Darles el entorno y el apoyo que necesitan y confiar en ellos para conseguir finalizar el trabajo.	P11	Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños surgen de los equipos organizados por sí mismos.
	P6	El diálogo cara a cara es el método más eficiente y efectivo para comunicar información dentro de un equipo de desarrollo.	P12	En intervalos regulares, el equipo reflexiona respecto a cómo llegar a ser más efectivo, y según esto ajusta su comportamiento.

Es importante mencionar que los valores propuestos en el manifiesto ágil inspiran los doce principios del mismo presentados en la tabla anterior (ver Tabla 1, princi-

pios). Estos principios son características que identifican a los procesos ágiles y permiten diferenciar un proceso ágil de uno tradicional. Los dos primeros principios son generales y resumen gran parte del espíritu ágil.

4.1 Diseño de las preguntas del mecanismo de recopilación de datos

Cada una de las preguntas de la encuesta se desarrolla basada en un valor o principio definido por el manifiesto ágil [7]. Por ejemplo, en la descripción de valores V1 (Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas) se evaluará que la implementación de los procesos de producción de software valoren más a los “individuos e interacciones” por sobre las “procesos y herramientas”, o que suceda el caso contrario. De esta forma se diseñaron las preguntas que evaluarán las preferencias de los recursos que componen cada proyecto. Estas preguntas serán respondidas utilizando la escala Likert [6] en donde: Nunca, corresponde a que no se hace ningún tipo de actividad al respecto, pocas veces cuando se realiza en un rango del 1% al 39%, neutro cuando se ejecuta entre un 40 y 60 %, muchas veces cuando se hace entre un rango del 61% al 98% y siempre cuando se realiza más de un 98% de las veces.

En la tabla 2 se presentan las preguntas diseñadas, cada una de estas se asocian a una de las categorías de valores del manifiesto expuestas en la tabla 1. A su vez, se incorporaron preguntas que son conceptualmente opuestas en el contexto de los principios y valores ágiles (éstas se encuentran identificadas por un asterisco).

Tabla 2. Preguntas del mecanismo de medición.

ID	Pregunta	Valor	ID	Pregunta	Valor
PR1	Se definieron claramente los roles, responsabilidades, conocimientos técnicos e interacciones entre miembros del equipo de trabajo	V1	PR14	Se realizaron las mismas actividades en cada iteración	V1*
PR2	Existió comunicación fluida en el equipo	V1	PR15	Se generaron entregables con testing satisfactorio e integrado con el resto de las funciones al finalizar cada iteración	V2
PR3	Existió comunicación Cara a Cara	V1	PR16	Se realizaron revisiones de a pares o inspecciones	V2
PR4	El usuario trabajó conjuntamente con el equipo	V1	PR17	Se estableció un plan de entrega o cronograma de revisiones modificable	V2
PR5	Existió motivación en el equipo	V1	PR18	Se priorizaron las necesidades de los entregables frente al grado de apego a los estándares de documentación	V2
PR6	Se autoorganizó el equipo	V1	PR19	Se requirió documentación para comenzar a implementar la funcionalidad incluida en cada iteración	V2*
PR7	Se reflexionó sobre la forma de que el equipo fuera más efectivo y ajustó la conducta en consecuencia dentro de cada intervalo	V1	PR20	Considera que el equipo logró el involucramiento del usuario/cliente, logrando que respondiera consultas, planificara iteraciones y colaborara en la especificación de los requerimientos y pruebas.	V3
PR8	Se priorizaron las tareas	V1	PR21	Se priorizó la satisfacción del cliente.	V3
PR9	Los entregables fueron incrementales	V1	PR22	Se definió un contrato para la totalidad del producto.	V3*
PR10	Se realizaron las entregas con frecuencia constante (frecuencia varia: 1 semana a 2 meses)	V1	PR23	Se previeron cláusulas para cambios adicionales en el contrato	V3*

ID	Pregunta	Valor	ID	Pregunta	Valor
PR11	Se involucró el usuario en el proceso	V1	PR24	Se permitió introducir cambios en cada una de las iteraciones	V4
PR12	Se generaron pruebas automáticas	V1	PR25	Se permitieron cambios durante cada iteración	V4
PR13	Se realizaron pruebas unitarias	V1	PR26	Se definió un plan detallado que incluyó recursos, fechas y responsables	V4*

4.2 Valoración de las respuestas (Métrica de Agilidad)

La métrica propuesta implica la valoración de cada una de las preguntas asociadas al manifiesto ágil [7]. Para esto el método de cálculo de métrica propuesto se realiza utilizando un promedio ponderado de los valores de cada respuesta. Es importante tener en cuenta que ciertas preguntas refieren al concepto opuesto, por tanto se considera en estos casos el valor absoluto de la diferencia con respecto a la escala.

Por ejemplo, para calcular los valores en la Tabla 2 las preguntas marcadas con * identifican aquellas que buscan confirmar un valor o principio mediante la pregunta a un opuesto. Para la métrica, si es una pregunta con asterisco y se ponderó en 4, se considera el valor absoluto de la diferencia con el total de la escala, quedando en valor absoluto 1 para luego sumarse al total y promediar. El resultado que se obtiene del cálculo de la métrica es una escala ordinal de valores.

La métrica se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Métrica = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{i=4, j=n1} P_{ij} + \sum_{i=1, j=1}^{i=4, j=n2} |Esc - P_{i@j}|}{n1+n2}$$

La encuesta utilizada refiere a una pregunta P_{ij} siendo i el valor correspondiente de punto V_i del manifiesto y j al índice correlativo de pregunta. A su vez consideramos $P_{i@j}$ a la pregunta que conceptualmente se opone al concepto V_i del manifiesto ágil y j un índice correlativo de pregunta. Teniendo en cuenta lo anterior es importante destacar que la ponderación de una pregunta $P_{i@j}$ deberá ser opuesta a una P_{ij} (para esto aportará desde la ponderación ágil como $abs(Escala - P_{i@j})$, siendo escala la escala utilizada, en nuestro caso de 5 puntos y $V(P_{i@j})$ el valor asociado a esa pregunta).

5 Instancias de validación del Mecanismo de medición de Agilidad.

Se realizaron tres instancias de validación del mecanismo de medición, en tres ámbitos diferentes, dos a nivel académico y uno a nivel de la industria. En cada ejecución se evaluó la facilidad de los usuarios para completar la encuesta, y la capacidad del algoritmo de diferenciar tipos de proyectos. Esta sección describe los diferentes contextos de validación, mientras que en la siguiente se presentan los resultados. Las primeras dos instancias de validación se realizaron con grupos de estudiantes de la Universidad ORT Uruguay. Primero, estudiantes de grado y postgrado de la asignatura Desarrollo Ágil de Software y luego con proyectos de fin de carrera de Licenciatura e Ingeniería en Sistemas. Luego se pasó a realizar la evaluación con empresas de software uruguayas.

La primera evaluación del mecanismo fue con alumnos de la asignatura Desarrollo de Software Ágil en la Universidad ORT Uruguay. Esta asignatura se ofrece como

electiva para las carreras de Licenciatura en Análisis de Sistemas e Ingeniería de software. Además, alumnos de post-grado pueden elegir esta asignatura con carga horaria ampliada. En la asignatura, a los alumnos se les propuso un trabajo obligatorio que consistía en un proyecto de desarrollo con iteraciones de duración fija, con cambios de requerimientos introducidos por los docentes. Aunque no fue requisito, el método de desarrollo seguido por la mayoría de los grupos estaba basado en Scrum [14]. El trabajo tuvo una duración de un mes y se realizaron cuatro iteraciones por parte de los equipos. Cada equipo estaba conformado por dos alumnos. A quienes se les administró el mecanismo de medición.

Con la experiencia obtenida, el mecanismo fue sometido a una nueva validación, esta vez en los proyectos finales de la carrera de Licenciatura e Ingeniería en Sistemas de la Universidad ORT Uruguay. Estos proyectos buscan simular entornos reales de desarrollo, se enmarcan en el contexto del laboratorio ORT Software Factory (ORTSF) [15]. Los proyectos que pasan por ORTSF deben tener un cliente real que es quien presenta el problema a ser resuelto por los proyectos. ORTSF se encarga de la selección de estos clientes, en su mayoría representantes de empresas productoras de software uruguayas. En los casos de emprendimientos comerciales de los alumnos se busca el compromiso de un cliente final real que valide los requerimientos. Los proyectos se realizan por equipos de entre 3 y 5 alumnos los cuales son acompañados por un tutor. A los alumnos se los evalúa según su capacidad de generar software con calidad de producción y por su capacidad de diseñar el proceso de desarrollo que solucione el problema y genere este software. Por tanto, los investigadores no tienen control del proceso de desarrollo seguido por los equipos. Pudiendo los alumnos decidir si la mejor metodología para solucionar el problema del cliente es una ágil o una tradicional. Esto hace que los proyectos de ORTSF sean buenos ambientes semi-controlados para la evaluación de experiencias antes de que sean probadas en la industria con desarrolladores profesionales. Asociado a los objetivos de esta investigación al comparar el resultado del mecanismo de medición en entornos ágiles y tradicionales. Además, en esta instancia se administró la encuesta a los tutores de cada proyecto de forma de poder comparar la respuesta de sus grupos con la del tutor.

Finalmente, con el feedback obtenido, se realizó una instancia de validación a las que se invitó a empresas de desarrollo de software a contestar.

5.1 Resultados de la evaluación con alumnos

La primera validación del mecanismo se realizó en el segundo semestre del año 2012. Dicha validación fue realizada por los alumnos de la asignatura Desarrollo Ágil de Software luego de realizar un proyecto en el cual se utilizó una metodología de desarrollo ágil.

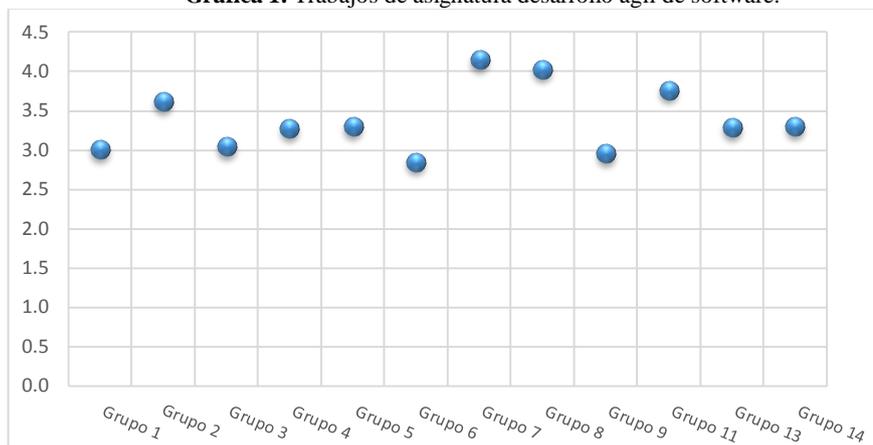
En la tabla 3, se muestran los datos de la primera evaluación del mecanismo. Cada celda representa el promedio de las respuestas de los integrantes de cada grupo.

Como se observa en la gráfica 1, todos los grupos de la materia puntúan por encima de 2.5 (valor medio de la escala diseñada). Dado que el contexto en el que se ejecutaron estos proyectos favorecía los Ciclos de Vida asociados a las metodologías ágiles, era esperable obtener resultados en los valores más altos de la escala.

Tabla 3. Resultados de evaluación de alumnos de desarrollo ágil de software.

Valores	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 11	Grupo 13	Grupo 14
Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas	3.4	3.7	3.2	2.9	3.0	2.9	4.1	3.6	3.4	3.2	3.2	3.3
Software funcionando sobre documentación extensiva	2.6	3.5	2.8	2.9	2.5	2.9	4.2	3.8	3.1	3.2	2.6	2.5
Colaboración con el cliente sobre negociación contractual	3.5	3.9	3.1	4.1	3.6	3.4	4.3	4.4	2.5	4.0	3.5	4.0
Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan	2.5	3.3	3.0	3.2	4.0	2.7	4.0	4.3	2.8	4.7	3.8	3.3
Agilidad Total	3.0	3.6	3.0	3.3	3.3	2.8	4.2	4.0	2.9	3.7	3.3	3.3

Gráfica 1. Trabajos de asignatura desarrollo ágil de software.



5.2 Resultados de la evaluación con proyectos de grado

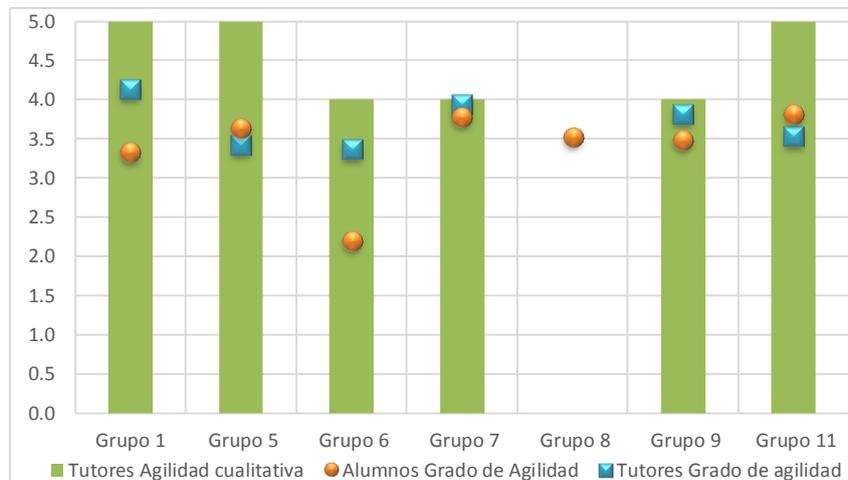
La segunda evaluación con los proyectos de fin de carrera de Ingeniería y Licenciatura de Sistemas se realizó con los que comenzaron en Marzo y Agosto del año 2013.

Para intentar discriminar se buscó la opinión de un experto en la instanciación del proceso. El mecanismo fue entregado en forma separada al tutor al cual se le incorporó una pregunta de control para visualizar la perspectiva del mismo, si consideraba que el grupo de proyecto el cuál trabajó se encontraba según su visión dentro del contexto de las metodologías ágiles de desarrollo. El objetivo de esta pregunta era intentar obtener una evaluación independiente de los resultados del mecanismo. La tabla 4 presenta los resultados obtenidos en esta instancia. Como nuestro objetivo es medir el grado de agilidad de proyectos, en la Gráfica 2 se muestra únicamente los datos para aquellos proyectos con más de una respuesta. La Gráfica 2 muestra los valores de la medición de agilidad, comparados con la pregunta cualitativa a los tutores (en formato de barra).

Tabla 4. Resultados de evaluación de alumnos de proyecto de fin de carrera.

Valores	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12
Alumnos en el Grupo	7	5	3	4	3	4	3	4	3	3	5	3
Numero de respuestas	4	1	1	1	2	2	3	4	2	1	2	1
Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas	3.4	3.4	3.1	4.0	3.4	2.5	3.9	3.5	3.4	3.4	3.4	3.1
Software funcionando sobre documentación extensiva	2.8	3.8	2.6	3.6	2.5	1.8	3.6	3.0	3.6	2.4	3.8	2.0
Colaboración con el cliente sobre negociación contractual	4.0	2.3	3.5	2.8	4.1	3.0	4.1	4.1	3.1	3.3	4.3	4.5
Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan	3.1	2.3	4.3	3.3	4.5	1.6	3.6	3.6	3.8	4.3	3.8	3.3
Alumnos Grado de Agilidad	3.3	2.9	3.4	3.4	3.6	2.2	3.8	3.5	3.5	3.3	3.8	3.2
Tutores Grado de Agilidad	4.1	3.2	3.6	3.6	3.4	3.4	3.9	-	3.8	3.6	3.5	3.5
Tutores Agilidad cualitativa	5.0	1.0	3.0	4.0	5.0	4.0	4.0	-	4.0	5.0	5.0	5.0

En primer lugar se observa como el rango de valores obtenido es similar al retornado en la validación anterior. En la gráfica 2 se observa que la mayoría de los resultados obtenidos se encuentran por encima del valor medio de la escala utilizada, tanto en las respuestas de los alumnos como las de los tutores. Otro dato relevante es que la valoración de los tutores y alumnos, es casi coincidente en un 72% de los casos evaluados (es decir existen dos con una desviación mayor a un punto).



Gráfica 2. Proyectos de fin de carrera.

La pregunta de control a los tutores sobre la agilidad percibida en general es consistente con los resultados de medición, con excepción del grupo 3. Para el caso se estudió la documentación del proyecto para realizar un análisis causal de este resultado. Según los autores del proyecto, la metodología era un híbrido entre tradicionales y ágiles [16].

5.3 Resultados de la evaluación con proyectos de la industria

La última evaluación realizada del método fue a nivel de la industria de desarrollo de software, la misma se realizó en marzo de 2014 y diciembre de 2014. Se invitó a empresas uruguayas a participar de la evaluación, obteniendo respuestas únicamente de tres proyectos en tres empresas distintas. En cada una de estas empresas se realizó una visita para evaluar el ambiente así poder comparar cualitativamente los resultados.

La empresa 1 se dedica al desarrollo de software en el sector financiero-bancario. La misma utilizó una metodología basada en SCRUM para el desarrollo del proyecto evaluado, este proyecto tuvo una duración de 6 meses y 15 Sprints. La encuesta fue respondida por todos los participantes del proyecto. La empresa 2, es una empresa que desarrolla software a medida que también utiliza una metodología basada en Scrum. Este proyecto se desarrolló en 5 meses, se compuso de 13 Sprints. El tercer proyecto corresponde a un desarrollo interno de una institución del sector financiero bancario. El proyecto no utiliza una metodología definida pero presenta características – como ser la presencia del cliente final – que pueden interpretarse como proveniente de las metodologías ágiles. El proyecto se realizó en 8 meses y se realizó la entrega total del mismo.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en estas dos intervenciones.

Tabla 5. Resultados de la evaluación de la industria del software.

Valores	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3
Número de respuestas	4	4	2
Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas	3.2	3.9	3.0
Software funcionando sobre documentación extensiva	3.2	3.4	2.9
Colaboración con el cliente sobre negociación contractual	1.8	3.1	3.6
Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan	1.7	2.3	1.9
Agilidad Total	2.5	3.2	2.8

Gráfica 3. Validación con Empresas.



El mecanismo de medición clasifica a las tres empresas dentro de la mitad superior de los valores. Es interesante notar como la Empresa 3 obtiene un Grado de Agilidad

que es comparable con las otras dos empresas que declaran utilizar metodologías ágiles.

6 Discusión de los resultados

Esta sección presenta una revisión de los resultados de este trabajo en el marco de las categorías de amenazas a la validez de Wholin [17]. En este marco, la principal fuente de amenaza refiere a la validez de constructo que se ve amenazada por la inmadurez general del estado del arte en esta área de conocimiento. Al no existir una definición consensuada de lo que implica ser ágil, la tarea de establecer una medición inequívoca se convierte en un problema perverso (del inglés “wicked problem” [18]). Lo mejor que puede afirmarse es que lo que el mecanismo de medición de agilidad está midiendo es nuestra mejor interpretación de lo que implica ser ágiles a partir de nuestra conceptualización del manifiesto y las metodologías asociadas a procesos ágiles de desarrollo.

Por otro lado, con respecto a la validez externa, el esquema de experiencias para la validación y calibración del mecanismo propuesto mitiga las amenazas en esta categoría. Por lo expresado en el párrafo anterior, no es posible obtener una evaluación independiente de nuestra medición. Nuestro mejor intento de conseguir esto, fue realizar la pregunta a los tutores en la segunda experiencia, y visitas a las empresas en la tercera.

La validez externa presenta amenazas similares a los otros mecanismos de medición de agilidad en donde la variable confundida es la “percepción de agilidad”, de los individuos que responden. Aunque nuestra propuesta intenta bloquear esto mediante la evaluación a todo el personal involucrado en el equipo, no es posible descartar completamente esta amenaza.

Finalmente, la validez de conclusión puede verse afectada por la necesidad de profundizar el trabajo de calibración del mecanismo de medición para asegurar que es posible agregar resultados de los proyectos que presentan Grados de Agilidad similares.

7 Conclusiones

El desarrollo ágil de software representa, hoy día, una alternativa viable para el desarrollo de proyectos de producción de software. Sin embargo, entendemos que en estos últimos años la industria del software ha invertido demasiado esfuerzo en defender cuando un proyecto es ágil o no. Durante este trabajo se argumentó la priorización de la capacidad de producir software, por sobre la etiqueta de ser o no ser ágil. Por este motivo, el mecanismo de medición propuesto defiende la idea de medir un grado de agilidad en lugar de una interpretación binaria del concepto.

Este trabajo presentó el proceso de definición, elaboración y validación de un mecanismo que es capaz de medir el grado de agilidad de un proyecto de desarrollo de software. El diferenciante de esta propuesta con respecto a otras estudiadas es que el objeto de medida del mecanismo es la capacidad de implementación que demuestra el

equipo de desarrollo, en lugar de la definición teórica de la metodología formalmente seleccionada por el equipo de proyecto.

El mecanismo propuesto fue validado en forma incremental, en trabajos del curso desarrollo ágil de software, en los proyectos de fin de carrera de grado y en la industria. En total se involucró a 63 personas en la evaluación del trabajo. Si se verifican los resultados del mecanismo aplicado en los distintos entornos, se puede indicar que su comportamiento se encuentra dentro de lo esperado, según las condiciones del entorno varían los resultados obtenidos dentro de un rango aceptable.

Como trabajos futuros se necesita aumentar los casos de validación en la industria para asegurar que el mismo es capaz de agrupar proyectos de desarrollo de forma de poder agregar sus resultados, y favorecer la construcción de teoría.

8 Referencias

1. Cockburn, A. Agile Software Development, October 22, 2001.
2. Swebok, [Online] Available: <http://www.computer.org/portal/web/swebok>.
3. VersionOne, State of Agile Survey, 6th Annual, 2011. [Online] Available: http://www.versionone.com/pdf/2011_State_of_Agile_Development_Survey_Results.pdf.
4. Agile Manifesto. [Online] Available: <http://agilemanifesto.org/>.
5. Matalonga, S. Five Process Tweaks that won't prevent you from being agile. Cutter IT Journal, 27 (10) 17-22. 2014
6. Boehm, B and Turner, R. Balancing agility and discipline: A guide for the perplexed, 1st ed. Addison-Wesley/Pearson Education, 2003.
7. Mendez Calo, K, et. al. Un framework para evaluación de metodologías Ágiles, 2009. [Online] Available: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/21086/Documento_completo.pdf?sequence=1.
8. Agile Alliance. [Online] Available: <http://www.agilealliance.org/>.
9. Cockburn, A. Crystal Clear a Human-powered Methodology for Small Teams, 2004.
10. Highsmith, J. Agile project management: creating innovative products, 2004. Boston: Addison-Wesley.
11. Kruchten, P. Contextualizing agile software development, in Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice, 2011.
12. Pikkarainen, M and Huomo, T. Agile Assessment Framework: V1.0. 2005. [Online] Available: http://www.agile-itea.org/public/deliverables/ITEA-AGILE-D4.1_v1.0.pdf.
13. Leffingwell, D. Scaling Software Agility. Addison-Wesley Professional. 2007.
14. Scrum Alliance. [Online] Available: <http://www.scrumalliance.org>.
15. ORTSF. [Online] Available: <http://fi.ort.edu.uy/ortsf>
16. Camacho, Larrosa, et al. VozDirecta, Sistema de Gestión de Quejas. Proyecto Final de Ingeniería en Sistemas. Facultad de Ingeniería Universidad ORT Uruguay. 2013. [Online] Available <http://bibliotecas.ort.edu.uy/bibid/75373>.
17. Wohlin, C., et. al, A. Experimentation in software engineering: An introduction. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers. 2000.
18. John Watkins, Agile Testing: How to Succeed in an Extreme Testing Environment, pag 121, Cambridge University Press, New York. ISBN-13 978-0-521-72687-0