

From Product Quality to Process Maturity: A Quality Assurance Experience in an Agile University Project

Freddy Gonzales-Saji, Msc¹ , Lady Concha-Díaz¹ , Lisbeth Ortiz-Huarachi¹ , Ricardo Calienes-Rodríguez¹ , Claudia Cárdenas-Ticona¹ , Rene Nieto-Valencia¹ 

¹Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú

fgonzaleess@unsa.edu.pe, lconcha@unsa.edu.pe, lortizh@unsa.edu.pe, rcalienesr@unsa.edu.pe, ccardenast@unsa.edu.pe,
rnietov@unsa.edu.pe

Abstract– In university software engineering projects developed using agile approaches, teams often prioritize early delivery of functionality, leaving formal quality assurance and process maturity in the background. This article presents the experience of the SIGEPRO (Academic Advisory Project Management System) project, developed in an advanced university course in Software Engineering with the active participation of a real client. The project began using Scrum as a framework, with a focus primarily on product quality; however, as the system increased in complexity, limitations related to document standardization, traceability, and change management were identified, which led to the gradual incorporation of formal quality assurance practices. These practices focused both on product quality, based on the ISO/IEC 25010 model, and process quality, using guidelines derived from the ISO/IEC 12207 and ISO/IEC/IEEE 15289 standards. The results show a gradual evolution towards a more disciplined and consistent process, with improvements in change management, traceability, and development visibility, without affecting the iterative nature of the agile approach. Experience shows that the progressive integration of agile practices with formal quality standards is feasible and formatively valuable in advanced university contexts, especially when projects involve real clients.

Keywords: Software engineering, agile methodologies, quality assurance, university projects, Scrum.

De la Calidad del Producto a la Madurez del Proceso: Una Experiencia de Aseguramiento de Calidad en un Proyecto Universitario Ágil

Freddy Gonzales-Saji, Msc¹ , Lady Concha-Díaz¹ , Lisbeth Ortiz-Huarachi¹ , Ricardo Calienes-Rodríguez¹ , Claudia Cárdenas-Ticona¹ , Rene Nieto-Valencia¹ 

¹Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú

fgonzales@unsa.edu.pe, lconcha@unsa.edu.pe, lortizh@unsa.edu.pe, rcalienesr@unsa.edu.pe, ccardenast@unsa.edu.pe, rnietov@unsa.edu.pe

Resumen— En proyectos universitarios de ingeniería de software desarrollados bajo enfoques ágiles, es frecuente que los equipos prioricen la entrega temprana de funcionalidades, dejando en segundo plano el aseguramiento formal de la calidad y la madurez del proceso. Este artículo presenta la experiencia del proyecto SIGEPRO (Sistema de Gestión de Proyectos de Asesoría Académica), desarrollado en un curso universitario avanzado de Ingeniería de Software con la participación activa de un cliente real. El proyecto se inició utilizando Scrum como marco de trabajo, con un enfoque centrado principalmente en la calidad del producto; sin embargo, conforme el sistema incrementó su complejidad, se identificaron limitaciones relacionadas con la estandarización documental, la trazabilidad y la gestión del cambio, lo que motivó la incorporación progresiva de prácticas formales de aseguramiento de la calidad. Estas prácticas se orientaron tanto a la calidad del producto, apoyadas en el modelo ISO/IEC 25010, como a la calidad del proceso, mediante lineamientos derivados de las normas ISO/IEC 12207 e ISO/IEC/IEEE 15289. Los resultados evidencian una evolución gradual hacia un proceso más disciplinado y coherente, con mejoras en la gestión de cambios, la trazabilidad y la visibilidad del desarrollo, sin afectar la naturaleza iterativa del enfoque ágil. La experiencia demuestra que la integración progresiva de prácticas ágiles con estándares formales de calidad es viable y formativamente valiosa en contextos universitarios avanzados, especialmente cuando los proyectos involucran clientes reales.

Palabras clave: Ingeniería de software, metodologías ágiles, aseguramiento de la calidad, proyectos universitarios, Scrum.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de software en contextos universitarios avanzados representa un desafío particular, ya que combina objetivos formativos con la necesidad de responder a escenarios reales de complejidad técnica, coordinación de equipos y gestión de cambios. En este tipo de proyectos, especialmente aquellos desarrollados bajo enfoques ágiles, los equipos suelen priorizar la entrega temprana de funcionalidades, lo que puede relegar prácticas formales de aseguramiento de la calidad y control del proceso a un segundo plano [1], [2].

Scrum se ha consolidado como uno de los marcos de trabajo más utilizados en cursos universitarios de ingeniería de software debido a su enfoque incremental y colaborativo. No obstante, diversos estudios señalan que, en entornos académicos, su aplicación inicial tiende a centrarse en la calidad del producto visible, mientras que aspectos como la

documentación, la trazabilidad y la madurez del proceso se desarrollan de forma gradual o reactiva [2], [3]. Esta situación se vuelve más crítica cuando los proyectos involucran clientes reales, ya que la evolución constante de los requisitos exige mecanismos más robustos de control y aseguramiento de la calidad [4], [5].

En este contexto se sitúa el proyecto SIGEPRO (Sistema de Gestión de Proyectos de Asesoría Académica), una plataforma web desarrollada en un curso universitario de ingeniería de software, orientada a la gestión de proyectos de asesoría académica con un cliente externo activo. El proyecto se inició bajo un enfoque ágil centrado en la entrega funcional; sin embargo, una evaluación académica formal evidenció deficiencias significativas en la estandarización documental, la planificación de la calidad y la trazabilidad del proceso. Este diagnóstico actuó como un punto de inflexión que motivó la adopción progresiva de prácticas formales de aseguramiento de la calidad basadas en estándares internacionales.

El presente artículo tiene como objetivo analizar la evolución del aseguramiento de la calidad en un proyecto universitario ágil, describiendo el tránsito desde un enfoque centrado en la calidad del producto hacia una mayor madurez del proceso. A partir de la experiencia del proyecto SIGEPRO, se examina la integración de Scrum con lineamientos derivados de las normas ISO/IEC 25010, ISO/IEC 12207 e ISO/IEC 15289, destacando los aprendizajes obtenidos, los desafíos enfrentados y su relevancia para la formación profesional en ingeniería de software.

El principal aporte de este trabajo consiste en presentar una experiencia empírica que evidencia cómo la combinación de prácticas ágiles y estándares formales de calidad puede fortalecer la madurez metodológica de proyectos universitarios con clientes reales, sin comprometer la flexibilidad inherente al enfoque ágil.

A diferencia de otros proyectos académicos centrados únicamente en la entrega funcional del software, esta experiencia propone una integración progresiva entre prácticas ágiles y mecanismos formales de aseguramiento de la calidad adaptados al contexto universitario. El valor del estudio radica en evidenciar una estrategia aplicable para fortalecer la trazabilidad, la gestión de cambios y la disciplina metodológica en proyectos Scrum con clientes reales, sin afectar la naturaleza iterativa del desarrollo.

II. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque metodológico del estudio

El presente artículo se desarrolla bajo un enfoque cualitativo y descriptivo, basado en el análisis de una experiencia académica real de desarrollo de software. La metodología del estudio no persigue la validación experimental ni la generalización estadística de resultados, sino la comprensión y análisis crítico de la evolución metodológica de un equipo universitario al integrar prácticas ágiles con estándares formales de aseguramiento de la calidad. Este enfoque es coherente con los estudios de experiencia reportados en la literatura de educación en ingeniería de software, donde el valor reside en la reflexión sistemática sobre la práctica y sus aprendizajes [2], [4].

2.2. Contexto metodológico del proyecto analizado

El caso de estudio corresponde al proyecto SIGEPRO, desarrollado en el marco de un curso universitario avanzado de Ingeniería de Software, ejecutado a lo largo de dos semestres académicos consecutivos. El proyecto tuvo como objetivo la construcción de una plataforma web para la gestión de proyectos de asesoría académica, involucrando desde etapas tempranas a un cliente externo real, cuya participación activa influyó de manera significativa en la evolución de los requisitos y en la dinámica del desarrollo. Este contexto permitió reproducir condiciones cercanas a un entorno profesional, caracterizado por cambios frecuentes, necesidad de validación continua y presión por resultados funcionales.

2.3. Enfoque de desarrollo ágil adoptado

Desde el punto de vista del desarrollo, el proyecto se organizó utilizando el marco de trabajo Scrum, estructurando el trabajo en sprints de dos semanas, con un product backlog priorizado, planificación iterativa y revisiones periódicas con el cliente [1]. Este enfoque facilitó la entrega incremental del software y promovió la retroalimentación constante; sin embargo, durante las primeras iteraciones el énfasis metodológico estuvo centrado principalmente en la funcionalidad visible del producto, mientras que aspectos relacionados con la estandarización documental, la trazabilidad y la planificación explícita del aseguramiento de la calidad se abordaron de manera limitada o reactiva, situación reportada también en experiencias académicas similares [2], [3].

2.4. Identificación de brechas metodológicas y punto de inflexión

Como parte del proceso académico, el proyecto fue sometido a una evaluación formal que permitió identificar deficiencias relevantes en la calidad del proceso, tales como inconsistencias en la documentación, ausencia de una trazabilidad clara entre requisitos, historias de usuario y pruebas, así como debilidades en la gestión de cambios. Este

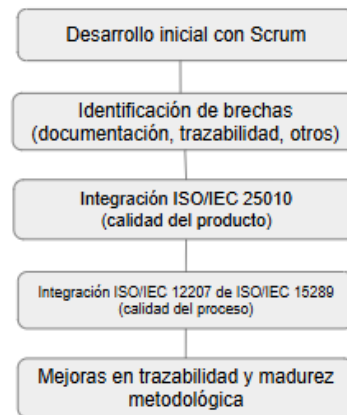
diagnóstico constituyó un punto de inflexión metodológico, ya que evidenció que el enfoque inicial, centrado casi exclusivamente en la calidad del producto, resultaba insuficiente para sostener la evolución del sistema conforme aumentaba su complejidad y el volumen de requisitos gestionados.

2.5. Integración progresiva del aseguramiento de la calidad

En respuesta a las brechas identificadas, el equipo inició una integración progresiva de prácticas formales de aseguramiento de la calidad, estructuradas en dos ejes complementarios: calidad del producto y calidad del proceso. La calidad del producto se abordó tomando como referencia el modelo ISO/IEC 25010, orientando la evaluación hacia características funcionales y no funcionales relevantes para el sistema desarrollado. Paralelamente, la calidad del proceso se fortaleció mediante la adopción de lineamientos derivados de las normas ISO/IEC 12207 e ISO/IEC 15289, especialmente en lo referido a la estructuración de artefactos, la gestión documental y la trazabilidad a lo largo del ciclo de vida del software [6], [7].

Con el fin de representar de manera sintética el proceso seguido durante la evolución metodológica del proyecto SIGEPRO, la Figura 1 muestra las principales etapas asociadas a la incorporación progresiva de prácticas formales de aseguramiento de la calidad dentro del enfoque ágil utilizado.

Figura 1. Proceso metodológico de integración progresiva de prácticas de aseguramiento de la calidad en el proyecto SIGEPRO.



Como se observa en la Figura 1, el proyecto evolucionó desde un enfoque centrado principalmente en la entrega funcional hacia una incorporación gradual de mecanismos orientados a fortalecer la calidad del producto y la madurez del proceso, manteniendo la naturaleza iterativa del desarrollo ágil.

2.6. Fuentes de evidencia y procedimiento de análisis

La metodología del artículo se sustenta en el análisis de diversas fuentes de evidencia generadas durante el desarrollo

del proyecto, entre las que se incluyen: reportes de cierre de sprint, planes y reportes de aseguramiento de la calidad, registros de pruebas funcionales y unitarias, solicitudes de cambio documentadas, actas de reunión con el cliente y registros de control de versiones. Estas evidencias permitieron reconstruir el proceso de desarrollo por iteraciones y realizar una comparación sistemática entre las prácticas ágiles prescritas y su aplicación real, identificando desviaciones, ajustes metodológicos y mejoras progresivas.

2.7. Síntesis del enfoque metodológico adoptado

Con el fin de clarificar el enfoque metodológico seguido, la Tabla I resume los principales componentes que estructuraron tanto el desarrollo del proyecto como el análisis presentado en este artículo.

TABLA I.
 SÍNTESIS DEL ENFOQUE METODOLÓGICO DEL PROYECTO SIGEPRO

Dimensión	Enfoque adoptado
Tipo de estudio	Cualitativo, basado en experiencia
Contexto	Proyecto universitario con cliente real
Marco de desarrollo	Scrum
Enfoque de calidad	Producto (ISO/IEC 25010) y proceso (ISO/IEC 12207, ISO/IEC 15289)
Fuentes de evidencia	Documentación del proyecto, pruebas, solicitudes de cambio
Propósito del análisis	Analizar la evolución de la madurez metodológica

2.8. Alcance metodológico del artículo

Es importante señalar que la metodología adoptada no busca evaluar el proyecto desde una perspectiva de cumplimiento normativo estricto ni certificar el sistema bajo estándares ISO. El objetivo metodológico del artículo es analizar y reflexionar sobre la experiencia de integración entre enfoques ágiles y prácticas formales de calidad en un contexto universitario, resaltando los aprendizajes obtenidos y su valor formativo para la enseñanza de la ingeniería de software.

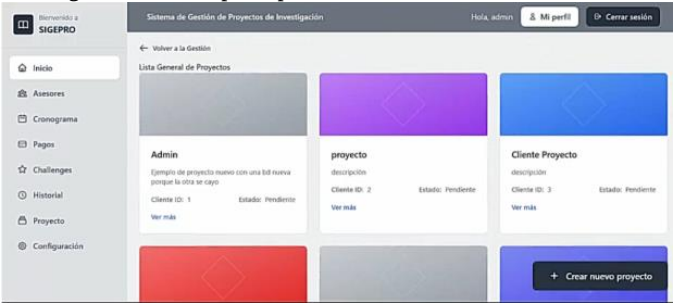
III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto SIGEPRO reflejan una evolución progresiva tanto en la calidad del producto como en la madurez del proceso de desarrollo, a medida que el equipo integró prácticas formales de aseguramiento de la calidad dentro de un marco ágil. En una primera etapa, el proyecto se caracterizó por una fuerte orientación a la entrega funcional, lo que permitió implementar los módulos principales del sistema en plazos cortos y validar tempranamente los avances con el cliente. Este enfoque favoreció la construcción incremental del software, pero

evidenció limitaciones en la consistencia documental y en la trazabilidad de los requisitos, situación común en proyectos ágiles académicos reportados en la literatura [2], [3].

Desde la perspectiva del producto, el sistema alcanzó un nivel avanzado de implementación funcional al cierre del ciclo académico. Se desarrollaron e integraron los módulos esenciales definidos en el alcance del proyecto, incluyendo la gestión de usuarios, administración de proyectos, asignación de tareas, control de fases, auditoría y visualización de información relevante para la toma de decisiones. Las pruebas funcionales ejecutadas por sprint permitieron verificar el comportamiento correcto de los flujos principales del sistema, mientras que las revisiones periódicas con el cliente confirmaron la alineación del producto con los requisitos priorizados en cada iteración.

Figura 2. Interfaz principal del sistema SIGEPRO.



La Figura 2 representa la vista general del sistema, donde se observa el panel principal para la gestión de proyectos de investigación, incluyendo la visualización de proyectos registrados, su estado y las opciones de navegación disponibles para el usuario administrador.

En relación con la calidad del proceso, los resultados más significativos se observaron tras la adopción progresiva de prácticas formales de aseguramiento de la calidad. A partir del punto de inflexión identificado en el proyecto, la documentación comenzó a elaborarse de manera más uniforme, se fortaleció la trazabilidad entre requisitos, historias de usuario, pruebas y entregables, y se formalizó la gestión de cambios mediante solicitudes documentadas. Esta evolución permitió mejorar la visibilidad del trabajo realizado y reducir ambigüedades en la interpretación de los requisitos, contribuyendo a una mayor coherencia entre las distintas iteraciones del desarrollo, en concordancia con los lineamientos de las normas ISO/IEC 12207 e ISO/IEC 15289 [6], [7].

Asimismo, la incorporación de criterios derivados del modelo ISO/IEC 25010 permitió ampliar la evaluación de la calidad del producto más allá de la funcionalidad visible. Aunque el proyecto no tuvo como objetivo una certificación formal, el uso de este modelo facilitó la identificación de aspectos relacionados con la seguridad, la mantenibilidad y la fiabilidad del sistema, los cuales no habían sido considerados explícitamente en las primeras etapas del desarrollo. Este

cambio de enfoque contribuyó a una comprensión más integral del concepto de calidad por parte del equipo, alineando la experiencia con prácticas recomendadas en la ingeniería de software [9].

De manera complementaria, los resultados evidencian que la integración entre Scrum y prácticas formales de calidad no afectó negativamente la dinámica iterativa del proyecto. Por el contrario, la incorporación gradual de mecanismos de control y estandarización permitió sostener el crecimiento del sistema conforme aumentaba su complejidad y el volumen de requisitos gestionados. Esta observación coincide con estudios que señalan que los enfoques híbridos, cuando se aplican de forma pragmática, pueden mejorar la madurez del proceso sin comprometer la flexibilidad propia de los métodos ágiles [8].

Con el fin de sintetizar la evolución observada durante el proyecto, la Tabla II presenta una comparación estructurada entre la etapa inicial del desarrollo y la etapa posterior a la incorporación de prácticas formales de aseguramiento de la calidad.

TABLA II
 EVOLUCIÓN DEL PROYECTO ANTES Y DESPUÉS DE LA
 INTEGRACIÓN DE PRÁCTICAS DE ASEGURAMIENTO DE LA
 CALIDAD

Dimensión	Etapa inicial	Etapa de mayor madurez
Gestión de cambios	Manejo informal	Solicitudes documentadas
Trazabilidad	Parcial	Estructurada y consistente
Documentación	Heterogénea	Artefactos estandarizados
Evaluación de calidad	Enfoque funcional	Producto y proceso
Visibilidad del proceso	Limitada	Alta y trazable

Como puede verse en la Tabla II, el cambio no fue sólo la adición de nuevos artefactos documentales, sino una transformación en la manera en que el equipo gestionó la calidad y el proceso. El paso de formas informales a mecanismos estructurados de trazabilidad, documentación y control de cambios mejoró la consistencia entre iteraciones y la madurez metodológica del proyecto sin perder la naturaleza iterativa del enfoque ágil.

En síntesis, los resultados del proyecto SIGEPRO muestran que la adopción progresiva de prácticas de aseguramiento de la calidad, tanto a nivel de producto como de proceso, permitió fortalecer la coherencia metodológica del desarrollo y mejorar la percepción de calidad del sistema, constituyendo una base sólida para el análisis crítico presentado en la sección de Discusión.

IV. DISCUSIÓN

La experiencia desarrollada en el proyecto SIGEPRO permitió evidenciar la brecha existente entre los principios teóricos de los enfoques ágiles y su aplicación práctica en contextos universitarios avanzados con clientes reales. Si bien Scrum promueve la adaptación continua como un principio central, en la práctica se observó que la alta frecuencia de cambios en los requisitos puede generar pérdida de coherencia cuando no se cuenta con mecanismos explícitos de trazabilidad y control del proceso. Durante las primeras iteraciones del proyecto, los cambios fueron gestionados de manera mayormente informal, lo que derivó en inconsistencias entre requisitos, funcionalidades implementadas y documentación asociada, una situación también reportada en experiencias académicas similares [2], [3].

La interacción constante con un cliente real influyó de manera decisiva en la evolución metodológica del proyecto. Conforme el sistema fue adquiriendo mayor nivel de concreción funcional —como se evidencia en la implementación de los módulos principales mostrados en la Figura 1—, el cliente pudo precisar mejor sus necesidades, lo que derivó en ajustes sucesivos del alcance y de las reglas de negocio. Esta dinámica confirma que los requisitos no son entidades estáticas, sino construcciones que se refinan progresivamente a través del uso y la validación del sistema, reforzando la necesidad de contar con mecanismos formales que permitan registrar y gestionar dicha evolución [4], [5].

En relación con la calidad del producto, la experiencia mostró una transición desde una validación centrada casi exclusivamente en la funcionalidad visible hacia una evaluación más amplia que incorporó características funcionales y no funcionales. En las etapas iniciales, la noción de calidad estuvo asociada principalmente al correcto funcionamiento de los módulos implementados; sin embargo, conforme aumentó la complejidad del sistema, este enfoque resultó insuficiente. La adopción de criterios derivados del modelo ISO/IEC 25010 permitió ampliar la comprensión del equipo sobre la calidad del software, incorporando dimensiones como seguridad, mantenibilidad y fiabilidad, que no habían sido consideradas explícitamente en los primeros sprints [9].

Desde la perspectiva del proceso, los resultados obtenidos evidencian que la integración progresiva de prácticas formales de aseguramiento de la calidad contribuyó de manera significativa a la madurez metodológica del proyecto. Tal como se sintetiza en la Tabla II, el proyecto evolucionó desde un enfoque centrado en la entrega funcional hacia un esquema más equilibrado que consideró tanto la calidad del producto como la del proceso. La estandarización de la documentación, la formalización de las solicitudes de cambio y el fortalecimiento de la trazabilidad permitieron mejorar la visibilidad del trabajo realizado y reducir la ambigüedad en la interpretación de los requisitos, en concordancia con los

lineamientos de las normas ISO/IEC 12207 e ISO/IEC 15289 [6], [7].

Lejos de contradecir los principios ágiles, la incorporación de prácticas formales de calidad se integró de manera complementaria al marco Scrum, manteniendo la naturaleza iterativa del desarrollo. Esta experiencia coincide con estudios que sostienen que los enfoques híbridos, cuando se aplican de forma pragmática y proporcional al contexto, pueden fortalecer la disciplina del proceso sin comprometer la flexibilidad requerida para gestionar entornos dinámicos y cambiantes [8].

Desde una perspectiva formativa, la experiencia del proyecto SIGEPRO permitió a los estudiantes comprender que la calidad del software no reside únicamente en el resultado final, sino también en los procesos que lo hacen posible. La exposición a un proyecto de mayor escala, con un cliente real y con la necesidad de adoptar prácticas de aseguramiento de la calidad, favoreció el desarrollo de competencias técnicas y organizativas que difícilmente se adquieren en proyectos académicos de menor complejidad, tal como señalan estudios previos en educación en ingeniería de software [5].

En conjunto, la discusión de los resultados refuerza la idea de que la combinación de enfoques ágiles con prácticas formales de aseguramiento de la calidad constituye una estrategia viable y necesaria en contextos universitarios avanzados. La experiencia analizada demuestra que la agilidad no debe interpretarse como ausencia de disciplina, y que la adopción gradual de estándares puede fortalecer la madurez del proceso sin sacrificar la capacidad de adaptación frente a la evolución de los requisitos y la interacción con clientes reales.

V. LIMITACIONES

Aunque la experiencia descrita proporciona evidencia sobre la integración de prácticas ágiles y estándares formales de calidad en un entorno universitario, el estudio tiene algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta. Primero, el estudio se centra en un solo caso de estudio en un contexto educativo particular, lo que dificulta la generalización de los hallazgos a otras instituciones o contextos educativos. Además, la evaluación del impacto del enfoque se llevó a cabo principalmente de manera cualitativa, sin incorporar métricas cuantitativas formales del proceso, particularmente indicadores relacionados con defectos por sprint, tiempos de ciclo o estabilidad del proceso. Estas restricciones no desestiman los resultados encontrados, pero dejan la puerta abierta para futuras investigaciones que logren replicar la experiencia en distintos proyectos e incluir métricas estructuradas que fortalezcan la evidencia empírica. En particular, la incorporación de métricas cuantitativas permitiría evaluar con mayor precisión el impacto del enfoque adoptado en futuras ediciones del curso.

VI CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El desarrollo del proyecto SIGEPRO permitió analizar, desde una experiencia académica real, cómo un equipo universitario puede transitar desde un enfoque inicialmente centrado en la entrega funcional hacia una mayor madurez en el aseguramiento de la calidad del proceso. La experiencia evidenció que, si bien los enfoques ágiles como Scrum facilitan la adaptación y la entrega incremental, su aplicación en contextos universitarios con clientes reales requiere mecanismos adicionales que permitan sostener la coherencia, la trazabilidad y la calidad conforme el sistema incrementa su complejidad.

Una de las principales conclusiones del estudio es que la calidad del software no emerge únicamente del resultado final, sino del conjunto de prácticas que estructuran el proceso de desarrollo. En las primeras iteraciones del proyecto, la calidad fue entendida principalmente desde la perspectiva del producto; sin embargo, la incorporación progresiva de prácticas formales de aseguramiento de la calidad permitió ampliar esta visión, integrando aspectos relacionados con la documentación, la gestión de cambios y la trazabilidad entre requisitos, pruebas y entregables.

Asimismo, la experiencia demostró que la integración de prácticas ágiles con lineamientos derivados de estándares internacionales, como ISO/IEC 25010, ISO/IEC 12207 e ISO/IEC 15289, no solo es viable, sino beneficiosa cuando se aplica de manera gradual y contextualizada. Lejos de generar rigidez, esta combinación permitió fortalecer la disciplina metodológica del equipo sin comprometer la flexibilidad necesaria para gestionar la evolución de los requisitos y la interacción continua con el cliente.

Desde una perspectiva formativa, el proyecto SIGEPRO evidenció el valor de los proyectos universitarios de mayor escala y con clientes reales como escenarios de aprendizaje significativo. La necesidad de enfrentar problemas de comunicación, gestión del cambio y aseguramiento de la calidad contribuyó al desarrollo de competencias técnicas y organizativas relevantes para la formación profesional en ingeniería de software, superando las limitaciones de proyectos académicos de alcance reducido.

Como trabajo futuro, se identifican diversas líneas de extensión que podrían fortalecer tanto el sistema desarrollado como el proceso metodológico adoptado. Entre ellas se incluyen la consolidación de métricas de calidad del proceso, el fortalecimiento de aspectos de seguridad y mantenibilidad del sistema, la ejecución de validaciones formales con usuarios finales y el seguimiento del sistema en un entorno operativo real. Estas actividades permitirían profundizar la evaluación

del impacto del enfoque adoptado y aportar nueva evidencia para futuras experiencias académicas en ingeniería de

VII AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su sincero agradecimiento al equipo de estudiantes que participó en el desarrollo del sistema SIGEPRO, cuyo compromiso, responsabilidad y esfuerzo sostenido hicieron posible la implementación del producto de software y la consolidación de la experiencia académica descrita en este artículo. Asimismo, se reconoce el respaldo institucional brindado por las autoridades de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa y de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, cuyo apoyo académico y formativo contribuyó a generar las condiciones necesarias para la ejecución del proyecto. Finalmente, se agradece a los colegas y docentes que colaboraron con observaciones, sugerencias y apoyo crítico durante el proceso de análisis y redacción de la presente experiencia, aportando a la mejora de la calidad y claridad del artículo.

REFERENCES

- [1] K. Schwaber and J. Sutherland, The Scrum Guide. Scrum.org, 2020.
- [2] M. Paasivaara, S. Lassenius, and A. Shamim, "Students' perceptions of applying Scrum in capstone projects," *IEEE Transactions on Education*, vol. 64, no. 4, pp. 378–387, 2021.
- [3] D. Rodríguez, A. Sicilia, E. García, and M. Sánchez-Gordón, "Teaching agile software development in university courses: A systematic mapping study," *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 25, no. 3, pp. 1–15, 2017.
- [4] A. Nguyen-Duc, D. Sjøberg, and R. Baltes, "Students as developers, teachers as customers: The consequences of real clients in software engineering courses," in *Proceedings of the 39th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET)*, Buenos Aires, Argentina, 2017, pp. 127–136.
- [5] M. Kuhrmann, P. Diebold, J. Münch, P. Tell, K. Trektore, F. McCaffery, O. Linssen, M. Hanser, and C. Prause, "Hybrid software development approaches in practice: An empirical study," *IEEE Software*, vol. 38, no. 5, pp. 26–34, 2021.
- [6] International Organization for Standardization, *ISO/IEC 12207:2017 – Systems and software engineering — Software life cycle processes*. Geneva, Switzerland: ISO, 2017.
- [7] ISO/IEC/IEEE, *ISO/IEC/IEEE 15289:2019 – Systems and software engineering — Content of life-cycle information items (documentation)*. Geneva, Switzerland: ISO, 2019.
- [8] T. Sedano, P. Ralph, and C. Péraire, "The product is the process: Understanding kindergarten-level software development," *Empirical Software Engineering*, vol. 25, pp. 627–660, 2020.
- [9] International Organization for Standardization, *ISO/IEC 25010:2011 – Systems and software engineering — System and software quality models*. Geneva, Switzerland: ISO, 2011.
- [10] P. Tell, M. Kuhrmann, and J. Münch, "What are hybrid development methods made of?" *IEEE Software*, vol. 39, no. 3, pp. 48–55, 2022.
- [11] V. Garousi, M. Felderer, and M. Mäntylä, "Software testing in agile development: A survey," *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 47, no. 8, pp. 1703–1725, 2021.