

Definición de un estándar para la evaluación de calidad de software educativo

Luciano Straccia¹, Paula Zanetti¹, María Florencia Pollo-Cattaneo¹

¹Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería de Software (GEMIS). Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Argentina.
lstraccia@frba.utn.edu.ar, paula.zanetti@gmail.com, flo.pollo@gmail.com

Resumen. La evaluación de calidad de producto es parte inherente de los procesos de desarrollo de software. Existe un modelo de calidad para realizar una evaluación que asegure maximizar la calidad de producto, pero no existe ningún estándar que permita la evaluación de calidad específicamente para el ámbito educativo considerando aspectos de los procesos de enseñanza y aprendizaje. En el presente trabajo se desarrolla una propuesta de normalización basada en las directivas para la construcción de estándares de ISO/IEC y su aplicación para la evaluación de un software en actividades de una asignatura de carrera de grado.

Palabras Claves: calidad, software, educación, normas, ISO.

1 Introducción

Dentro del ámbito de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN.BA) se encuentra el Grupo GEMIS (Grupo de Estudios de Metodología para Ingeniería de Software y Sistemas de Información), que lleva adelante el Proyecto de Investigación y Desarrollo “Intervenciones tecnológicas en dispositivos didácticos con herramientas de tecnología informática” entre cuyos objetivos se encuentra describir y analizar el uso de la tecnología informática en las intervenciones didácticas de los profesores de las asignaturas de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) y desarrollar nuevos artefactos tecnológicos que favorezcan la mejora en las intervenciones didácticas.

El proyecto ha implicado la construcción de software, cuya evaluación, basada en las normas y estándares de calidad, resulta incompleta respecto de las necesidades disciplinares educativas. Por ello, en el presente trabajo se desarrolla una propuesta para la normalización de la evaluación de calidad de software en el ámbito educativo, tomando como referencia modelos preexistentes en la industria del software y se proponen características y subcaracterísticas de calidad que, utilizados conjuntamente con la ISO/IEC 25000:2005, permiten evaluar la calidad de un software educativo.

Este trabajo presenta conceptos vinculados a calidad de producto software (sección 2), la calidad de producto para software educativo (sección 3), la presentación de la propuesta de normalización (sección 4) y la validación e implementación de la

normalización (sección 5). Finalmente, en la sección 6, se presentan las conclusiones y las futuras líneas de trabajo.

2 Calidad de producto software

2.1. Concepto de calidad

La calidad es compleja y multifacética. El software es complicado, y se vuelve aún más complejo, conforme evoluciona e incorpora nuevas funcionalidades e interconexiones. Sin embargo, es correcto pensar que los desarrolladores de software deben tratar de construir sistemas de alta calidad; pero, en la vida real, esto representa un dilema, inclusive para las mejores y más experimentadas organizaciones. Esta disyuntiva está relacionada con la búsqueda de un software suficientemente bueno; el arte de buscar ese punto intermedio, en donde la calidad es suficientemente buena (*good enough*), es parte esencial del planeamiento de un desarrollo, que debe tratar de aplicar las mejores prácticas en cada paso del proceso [1].

Pressman [2] define calidad de software como “el cumplimiento de los requisitos de funcionalidad y desempeño explícitamente establecidos, de los estándares de desarrollo explícitamente documentados, y de las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente”, es decir, que los estándares definen un conjunto de criterios de desarrollo que guían la forma en que se aplica la Ingeniería del Software; por lo tanto, si no se siguen esos criterios, casi siempre habrá falta de calidad.

Colaborando en estas definiciones, Garvin [3] estableció 5 diferentes visiones pragmáticas para la calidad: trascendental, del usuario, del fabricante, del producto y del valor. La visión trascendental refiere que si bien la calidad es algo que se reconoce rápidamente, no es fácil de definir; resulta una suerte de cualidad innata que se percibe pero no necesariamente se describe. La visión del usuario, que es subjetiva y define la calidad en términos del fin particular del destinatario; de la atención de sus necesidades y conveniencias; si el destinatario está satisfecho, esta visión asume que el producto tiene calidad. La visión del fabricante, que indica que si el producto cumple con sus especificaciones originales entonces tiene calidad. La visión del producto, que apunta a que la calidad está directamente relacionada con las funciones y características del producto, siendo medible y precisa a través de atributos del mismo. Y, para finalizar, la visión del valor: la cual indica que la calidad es función del nivel de conformidad del producto, a un costo razonable.

2.2. Modelo de calidad de producto

El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de la Organización Internacional de Normalización (ISO). Cada organismo, miembro interesado en una materia para la cual se haya

establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica. La tarea principal de los comités técnicos es preparar Normas Internacionales.

Algunos de los estándares internacionales de evaluación de producto software son: la ISO/IEC 9126:2001 [4], que permite evaluar la calidad del producto software y establece las características de la calidad; la ISO/IEC 14598:1999 [5], que presenta pautas que ayudan al proceso de evaluación del producto software y la ISO/IEC 25000:2005 [6], que proporciona una guía para el uso de las nuevas series de estándares internacionales, llamados Requisitos y Evaluación de Calidad de Productos de Software (SQuaRE), constituye una serie de normas basadas en la ISO 9126 y en la ISO 14598 y ofrece términos y definiciones, modelos referencia, guía general, guías de división individual y los estándares para fines de especificación, planificación y gestión, medición y evaluación.

El objetivo principal de la ISO/IEC 25000 es guiar el desarrollo de los productos de software con la especificación y evaluación de requisitos de calidad. La familia ISO 25000 está orientada al producto software, permitiendo definir el modelo de calidad y el proceso a seguir para evaluar dicho producto.

El estándar ISO/IEC 25010, que reemplaza y actualiza el estándar ISO9126-1, define un modelo de calidad del producto [7]. El modelo de calidad de producto abarca cualidades internas y externas del sistema y está compuesto por 8 características (funcionalidad, rendimiento, usabilidad, fiabilidad, seguridad, mantenibilidad, portabilidad y compatibilidad, cada una de ellas con sus correspondientes subcaracterísticas) y 30 subcaracterísticas.

3 Calidad de producto software educativo

3.1. Antecedentes en la evaluación de calidad de software educativo

Díaz y otros [8] analizan diversas metodologías y realizan una propuesta metodológica nueva basada en un Modelo Sistémico de Calidad de Software, aunque plantea una propuesta centrada en aspectos informáticos dejando de lado aspectos pedagógicos. Por otro lado, Flores y Rivero [9] plantean la necesidad de generar instrumentos unificados para la evaluación del software educativo, aunque no realizan propuestas concretas.

En [10], se realiza un relevamiento de diversas metodologías y herramientas para la evaluación de software educativo. Su lectura permite comprender las diferentes propuestas generadas en la segunda mitad del siglo pasado. En tanto, en [11] se presentan diversos modelos de evaluación para el área. Según el análisis realizado en [12], la mayoría de estos métodos se basan en las propuestas de Pere Marques Graells, quien en su trabajo [13], considera tres aspectos: funcionales, técnicos y pedagógicos.

Por otro lado, en [12] se presenta un esquema general del Modelo de Aspectos Funcionales, Pedagógicos y Técnicos del Software Educativo, basado en el trabajo de Marques, pero resultando de mayor complejidad dada la falta de información que permita su implementación.

Reyes-Caballero [14], propone la evaluación de software según tres aspectos fundamentales: pedagógicos, técnicos y tecnológicos. En una evaluación detallada de dichos aspectos, puede observarse que el modelo de Reyes-Caballero resulta incompleto en comparación con el de Marques [15].

En tanto, en [16] se realiza un análisis y comparación de diversos modelos de evaluación de software educativo que han sido trabajados por diversos autores [8; 17-21]. El trabajo presenta en sus conclusiones la categorización de variables en dos grupos: los aspectos técnicos y los aspectos pedagógicos. Dicho trabajo propone esta categorización, pero no expresa cuáles elementos de cada uno de los modelos de evaluación de software educativo corresponden a estas categorías, por lo cual requieren un mayor grado de análisis para su operatividad [15].

Según un trabajo de Alba García-Barrera [22] “desde la inclusión de las TIC en las aulas, han sido numerosos los autores que han recomendado el análisis de ciertas dimensiones de los recursos digitales por medio de indicadores de credibilidad que permitan evaluar su calidad y utilidad educativa. En general, las guías de evaluación que analizan estos factores surgieron en el ámbito de la biblioteconomía y en un principio se enfocaron a los recursos de información disponibles en internet” dando baja prioridad a aspectos educativos y limitando el análisis a ciertos tipos de recursos.

3.2. Propuesta preliminar

En [15] se presenta la primera propuesta de normalización de la evaluación de calidad de producto software para el ámbito educativo, definiendo las características y subcaracterísticas de un modelo de calidad. En dicha propuesta se define un modelo de calidad con cuatro características, en base al trabajo de Cova [16]: condiciones referidas a los destinatarios, enseñanza, contenido y aprendizaje, con sus correspondientes subcaracterísticas. Sin embargo, dicho trabajo no contempla la terminología adoptada por los estándares ISO/IEC ni los principios y reglas para la estructura de un documento de estandarización de calidad. En dicho trabajo preliminar se realiza la validación de la normalización sobre la herramienta Google Forms y su aplicación en el ámbito educativo, pero no sobre un software específicamente destinado a los procesos de enseñanza., tal como se presenta en este trabajo con la herramienta WinQSB.

4 Propuesta de normalización

En [23] se puede encontrar el documento con la normalización de calidad siguiendo los principios y reglas de la Directiva ISO/IEC Parte 2 [24], que define las siguientes subdivisiones del documento: título; prólogo; introducción; alcance; normativas referenciadas; términos y definiciones; símbolos y abreviaturas; métodos

de medición y prueba; marca, etiqueta y prueba (que no aplica al tipo de producto presentado en este trabajo); anexos y bibliografía.

A continuación, se presentan las características y subcaracterísticas definidas en el modelo:

1. Condiciones referidas a los destinatarios: la capacidad del producto software para adaptarse al medio y los destinatarios.
 - 1.1. Individualización: la capacidad del software para adaptarse a las características individuales de los usuarios y al progreso individual.
 - 1.2. Adaptación social, cultural e ideológica: la capacidad del producto software para adaptarse a las características del medio sociocultural, respetando las visiones de sociedad, familia y cotidianidad que se intentan abordar en el proceso de enseñanza.
2. Enseñanza: la capacidad del producto software para acompañar técnicas y metodologías de enseñanza.
 - 2.1. Cumplimiento de objetivos: la capacidad del producto software para satisfacer los objetivos del proceso de enseñanza.
 - 2.2. Motivación: la capacidad del producto software para brindar motivaciones al usuario al conseguir una meta global.
 - 2.3. Retroalimentación: la capacidad del producto software para brindar al usuario una retroalimentación positiva, amigable y convincente.
 - 2.4. Adaptación metodológica: la capacidad del producto software para adaptarse a la metodología de enseñanza y estilos docentes.
 - 2.5. Adaptación a enfoques no memorísticos: la capacidad del producto software para adaptarse a un enfoque crítico, aplicativo y creativo de las actividades dirigido a la construcción de conocimiento (no memorístico) y con inclusión de actividades colaborativas.
3. Contenidos: la capacidad del producto software para favorecer la generación de contenidos apropiados a la metodología y técnica de enseñanza.
 - 3.1. Presentación: la capacidad del producto software para presentar los contenidos de manera clara, precisa y actualizada.
 - 3.2. Tutorización: la capacidad del producto software para tutorizar itinerarios, sugiriendo contenidos diferentes en función de las respuestas y actividades del usuario.
 - 3.3. Ejemplificación: la capacidad del producto software para presentar ejemplos claros y relevantes para ilustrar y comprender el contenido.
 - 3.4. Ayuda: la capacidad del producto software para presentar glosarios de ayuda y ofrecer pistas para resolver situaciones problemáticas.
 - 3.5. Evaluación automática: la capacidad del producto software para facilitar la evaluación, con corrección automática de actividades.
 - 3.6. Registro de datos: la capacidad del producto software para realizar registro del desempeño del usuario y suministro de informes.

- 3.7. Desarrollo de valores: la capacidad del producto software para desarrollar actitudes favorables hacia los valores del ser humano y su ambiente.
4. Aprendizaje: la capacidad del producto software para contribuir al proceso de aprendizaje.
 - 4.1. Metodología de aprendizaje: la capacidad del producto software para permitir que el estudiante sea un participante activo en el proceso de aprendizaje y le permita aprender a partir de su propia experiencia.
 - 4.2. Flexibilidad: la capacidad del producto software para ofrecer diversos niveles y/o itinerarios.

5 Validación e implementación de la normalización propuesta

5.1. Producto evaluado

El objetivo del software WinSQB es permitir el tratamiento de los problemas de gestión mediante herramientas cuantitativas, las que en su conjunto constituyen los métodos de la investigación de operaciones. WINQSB es "una aplicación versátil que permite la solución de una gran cantidad de problemas: administrativos, de producción, de recursos humano (y) dirección de proyectos" [25]. Debido a su facilidad y potencia de manejo, se convierte en una herramienta útil para temáticas como la investigación de operaciones, los métodos de trabajo, planeación de la producción, evaluación de proyectos, control de calidad, simulación, estadística, entre otras.

5.2. Contexto de evaluación

La evaluación del producto se consideró en un ambiente educativo de carreras de grado, en la cátedra de Investigación Operativa de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la UTN.BA. Dicha asignatura, ubicada en el cuarto nivel del plan de estudios, realiza actividades prácticas (tanto vinculadas a prácticas específicas de cada clase, como el trabajo práctico integrador) sobre diferentes temáticas, que son resueltas a partir del uso de WinQSB, donde los alumnos resuelven problemas abiertos de programación lineal, con dual, simplex dual y análisis de sensibilidad y paramétrico.

El software es utilizado en el marco de una actividad basada en la siguiente metodología de trabajo:

- definir un problema real, seleccionado por el alumno. Se debe identificar el dominio y el problema que se busca resolver;

- identificar las variables, restricciones y capacidades del problema, determinando además el enfoque de resolución (maximización o minimización);
- utilizar el software con la carga del modelo;
- visualizar en el software de las iteraciones de ejecución del proceso, con presentación de tablas intermedias de resultados, hasta que el software presenta el resultado óptimo;
- analizar por parte de los alumnos del resultado obtenido poniéndolo en relación con el problema y dominio especificado;
- realizar un análisis de sensibilidad y paramétrico (analizando el impacto en el resultado de cambios en los valores de coeficientes de las variables).

El objetivo de aplicación concreto de la herramienta es la ayuda al estudiante para resolver y encontrar resultados óptimos de problemas específicos, mediante métodos cuantitativos de gestión para su posterior análisis y uso en la toma de decisiones.

5.3. Evaluación de calidad de producto software educativo

Para la evaluación de calidad del WinQSB en el contexto de actividades detallado en 5.2 se utiliza:

- la norma de calidad presentada en 5.1 y disponible en [23];
- un documento de trabajo (planilla) para facilitar la evaluación [26].

El documento de trabajo utilizado posee el listado de características y subcaracterísticas evaluables, las cuales deben ser evaluadas según los siguientes valores: Cumple, Cumple parcialmente, No Cumple o No Aplica (N/A). En los casos que se trate de cumplimiento parcial, no cumplimiento o, si se considera que no aplica para la evaluación, se registra en la columna observaciones un comentario que permita completar la evaluación.

El resultado de la evaluación es presentado en la Tabla 1 y sus observaciones son presentadas a continuación.

Tabla 1. Evaluación de calidad de WinQSB.

Característica	Subcaracterística	Evaluación
Condiciones referidas a los destinatarios	Individualización	Cumple
	Adaptación social, cultural e ideológica	N/A
Enseñanza	Cumplimiento de objetivos	Cumple
	Motivación	No Cumple
	Retroalimentación	Cumple
	Adaptación metodológica	Cumple
	Adaptación a enfoques memorísticos	Cumple
Contenidos	Contenidos	Cumple

Característica	Subcaracterística	Evaluación
	Tutorización	No Cumple
	Ejemplificación	No Cumple
	Ayuda	Cumple Parcialmente
	Evaluación automática	No Cumple
	Registro de datos	No Cumple
	Desarrollo de valores	N/A
Aprendizaje	Metodología de aprendizaje	Cumple
	Flexibilidad	N/A

Según lo observable en la tabla 1, los hallazgos realizados son:

- cumple satisfactoriamente con 7 subcaracterísticas (individualización, cumplimiento de objetivos, retroalimentación, adaptación metodológica, adaptación a enfoques no memorísticos, contenidos y metodología de aprendizaje);
- cumple parcialmente con 1 subcaracterística (ayuda);
- no cumple con 5 subcaracterísticas (motivación, tutorización, ejemplificación, evaluación y registro de datos);
- 3 subcaracterísticas se considera que no aplican para la evaluación (adaptación social, cultural e ideológica; desarrollo de valores; flexibilidad)

A partir de las observaciones realizadas para cada subcaracterísticas se presenta, a continuación, un análisis de los aspectos que cumple parcialmente o no cumple.

El software no realiza análisis contextualizado, sino que sólo presenta resultados matemáticos, que deben ser puestos en contexto por los propios usuarios, siendo además que esta puesta en contexto y dominio resulta la actividad analítica más importante para la materia, por lo cual si el software realizara dicho análisis influiría negativamente en los objetivos de aprendizaje. Respecto de los aspectos vinculados a sociedad, cultura e ideología y al desarrollo de valores, están relacionados al dominio seleccionado y no al uso de la herramienta. De igual forma, si bien la herramienta no resulta flexible, permite una implementación flexible en el marco de las actividades que defina el docente. Puede observarse en los aspectos mencionados la relevancia que cobra la preparación de la actividad por parte del docente, una estrategia adecuada para el uso del software y el dominio y problema seleccionado por el alumno, todos aspectos de relevancia para el aprendizaje, pero no vinculables al software en sí.

Se han hallado algunas falencias del producto:

- No ofrece premios ni ningún tipo de recompensas, ni tiene niveles de dificultad diferenciados; estos aspectos pueden ser cubiertos por la propia estrategia didáctica del docente, pero no por la herramienta en sí.
- No presenta ejemplos y las ayudas que presenta a veces resultan ineficientes.
- No permite evaluación automática ni registro de datos

6 Conclusiones

La aplicación del modelo de calidad y sus atributos definidos en la familia de Normas ISO 25000 permiten abordar la evaluación de calidad de un producto software. Sin embargo, cuando se espera que este software sea evaluado en función de características propias de la disciplina a la cual sirve, se requiere un modelo propio de evaluación de producto en el marco disciplinar correspondiente. En este trabajo se presenta un modelo de calidad para el software educativo y su validación e implementación con el software WinQSB. A partir de los resultados hallados, se sugiere la generación de herramientas que permitan reducir el impacto de las falencias del producto.

Se prevé la ampliación de su implementación y, en consonancia con la Directiva ISO/IEC Parte 1 [27], que define el uso de tres idiomas oficiales: inglés, francés y ruso y que los estándares internacionales publicados por ISO y IEC se encuentran en inglés y francés y en algunos casos en ruso, se prevé generar una versión en idioma inglés con la normalización de calidad propuesto en este trabajo.

Referencias

1. Venners, B. Design by Contract: A Conversation with Bertrand Meyer. Artima Developer" (2003)
2. Pressman, R. Ingeniería del Software. Ed: Mc Graw Hill. (2005).
3. Garvin, D. What Does Product Quality Really Mean? *Sloan Management Review*. (1984)
4. International Organization for Standardization. *ISO/IEC 9126-1*. Software engineering. Product Quality (2001).
5. International Organization for Standardization. *ISO/IEC 14598-1*. Information Technology. Software Product Evaluation (1999).
6. International Organization for Standardization. *ISO/IEC 25000-1*. Software Engineering. Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). (2005).
7. International Organization for Standardization. *ISO/IEC 25010*. *Systems and Software Engineering. System and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and software quality models*. (2011).
8. Díaz, M; Perez, M; Mendoza, L; Griman, A. Calidad Sistémica del Software Educativo. Presentado en el Congreso Internacional Edutec 2003, Gestión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en los diferentes ámbitos educativos, Caracas (2003).
9. Flores, H. y Rivero, P. ¿Cómo selecciona el profesorado recursos digitales para enseñar Historia? *History and History teaching*. (2014)
10. Cataldi, Z. Metodología de diseño, desarrollo y evaluación de software educativo. (2000)
11. Angel, O. y Lopez, S. Estudio comparativo de modelos para evaluar software educativo. Tesis de Grado, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México. (2014)

12. Yedra, R.; Ramos Mendez, E. y Ferrer Sanchez, J. Análisis para determinar cómo se valúa una herramienta de software de tipo educativo. *CONAIC*. (2015)
13. Marques, P. *Software educativo: guía de uso y metodología de diseño*. Barcelona: Editorial ESTEL (1995)
14. Reyes-Caballero, F; Fernandez-Morales, F.; Duarte, J. Herramienta para la selección de software educativo aplicable al área de tecnología en el nivel de educación básica. *Revista Entramado*. (2015)
15. Straccia, L; Zanetti, P.; Pollo-Cattaneo, M. F. Normalización de la evaluación de calidad de producto software para el ámbito educativo. En *XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2018: Libro de Actas*, Tandil (2018).
16. Cova, A.; Arrieta, X. Análisis y comparación de diversos modelos de evaluación de software educativo. *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*. (2008)
17. McDougal, A. y Squires, D. Cómo elegir y utilizar software educativo. Madrid: Morata (2001).
18. Clarke, P.; Pete, M.; Naidoo, A. Evaluation of Software and its effect on Learning. Project: Kwazulu Concept Burger: HTML mind map / model of evaluation of educational software. En SITE Conference, Orlando, U.S. (1997).
19. Marques, P. Entorno formativo multimedia: elementos, plantilla de evaluación/criterios de calidad (2005).
20. Gonzalez, M. Evaluación de Software Educativo. (Orientaciones para su uso pedagógico). En *Conexiones, Informática y Escuela: Un enfoque global.*, C. Zea Ed. Medellín: Universidad EAFIT (2003).
21. OTA. Power on! New tools for teaching and learning. Ed. Washington D.C.: U.S.Congress, Office of Technology Assesment, SET-379, Government Printing Office (1988).
22. Garcia-Barrera, A. Evaluación de recursos tecnológicos didácticos mediante e-rúbricas. *Revista de Educación a Distancia*. (2016)
23. Straccia, L.; Zanetti, P. Ingeniería de Software: calidad de producto educativo. Disponible en <http://cor.to/gemisnormaES> (2019)
24. International Organization for Standarization. *ISO/IEC Directives Part 2*, Geneva, Suiza. (2018).
25. Quesada Ibarguen, V.; Vergara Schmalbach, J.C. Análisis cuantitativo con WINQSB. (2000).
26. GEMIS, "Evaluación de calidad de software educativo. Planilla de evaluación de producto" Disponible en <http://cor.to/gemisplanilla> (2019)
27. International Organization for Standarization. *ISO/IEC Directives Part 1*, Geneva, Suiza. (2016).