

# Evaluación de la Sostenibilidad en un Modelo de Calidad del Software

Leo Rosana\*, Salgado Carlos<sup>+</sup>, Sanchez Alberto<sup>+</sup>, Peralta Mario<sup>+</sup>

\* Departamento Académico de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de la Rioja. La Rioja, Argentina  
leorosana@gmail.com

<sup>+</sup> Departamento de Informática Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales Universidad Nacional de San Luis  
Ejército de los Andes 950 – C.P. 5700 – San Luis – Argentina  
e-mail: {csalgado, mperalta, asanchez}@unsl.edu.ar

## RESUMEN

El software, herramienta imprescindible en las más variadas gestiones de la actualidad, también puede ser *sostenible*, si se tiene en cuenta que un producto sostenible es aquel que aporta beneficios ambientales, sociales y económicos, resguardando la salud pública, el bienestar y el medio ambiente en todo su ciclo de vida.

En la línea de investigación se ha definido un modelo de calidad del software, basado en la Norma ISO 25000, que incluye a la sostenibilidad como característica transversal. Además, se ha definido un conjunto de métricas e indicadores asociados al modelo de calidad y en particular a la sostenibilidad. Como continuación de la investigación se está trabajando en la implementación de un algoritmo que permita determinar el grado o nivel de sostenibilidad de un software y su impacto para la sociedad.

**Palabras Clave:** *Método de evaluación o cálculo, Calidad de Software, Modelos de Calidad, Métricas, Sostenibilidad.*

## CONTEXTO

El presente trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación: Ingeniería de Software: Estrategias de Desarrollo, Mantenimiento y Migración de Sistemas en la Nube – Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis. Proyecto N° P-03-2020. Dicho proyecto es la continuación de diferentes proyectos de investigación a través de los cuales se ha logrado un importante vínculo con distintas

universidades a nivel nacional e internacional. Además, se encuentra reconocido por el programa de Incentivos.

## 1. INTRODUCCIÓN

La literatura en general coincide que la calidad del software es el cumplimiento y/o grado de satisfacción de requisitos tanto explícitos como implícitos. Pressman la define como: “*Proceso eficaz de software que se aplica de manera que crea un producto útil que proporciona valor medible a quienes lo producen y a quienes lo utilizan*” [1].

La especificación y evaluación de la calidad son importantes para garantizar el valor a todas las partes interesadas del producto software. Para ello se definen características de calidad asociadas con metas y objetivos del sistema, las cuales deben especificarse, medirse y evaluarse mediante métodos de medición validados o ampliamente aceptados [2].

Es importante definir y/o implementar algún modelo, método o herramienta que permita gestionar atributos en el proceso de construcción del software, puesto que la concordancia de los requisitos y su construcción son la base de las medidas de calidad establecidas [3], tal y como lo describe en el modelo de calidad para el producto software la Norma Internacional ISO/IEC 25010:2011 [2], una de las divisiones de la serie SQUARE.

En este sentido la calidad se convierte en algo concreto, que se puede definir, medir y, sobre todo, planificar.

A los fines de este trabajo, se toma como base el modelo definido en [4], que incluye a la sostenibilidad transversalmente en el modelo

que propone SQuaRE [2]. No será una característica aislada, estará inmersa en el modelo, atravesando toda la estructura y complementándose con las restantes características mediante criterios sostenibles en la medición y evaluación de atributos.

El termino sostenibilidad, surge en 1987 en el Informe de Brundtland [5], titulado “Nuestro futuro común” y por la necesidad de estudiar y delimitar el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente.

En 2015 un manifiesto expone principios y compromisos vinculados con el diseño sostenible (Becker) [6], infiriendo que la sostenibilidad tiene múltiples dimensiones (social, medioambiental, económica, técnica y humana) y que todas deben analizarse.

En 2018 se presenta el “Catálogo de Diseño de Sostenibilidad del Software” [7] como la herramienta que permite integrar la sostenibilidad en el diseño. Es un conjunto de criterios derivados de los nueve principios del manifiesto de Karlskrona, basados en el análisis cruzado de diferentes sistemas. Para cada criterio se derivan indicadores relacionados con las dimensiones de la sostenibilidad y su orden de impactos.

Valorar la sostenibilidad mediante la puntuación o medición en un rango acotado, permitirá tener una idea cuantitativa de la misma. Estableciendo un umbral se podrá determinar en qué grado, el objeto de estudio, es sostenible.

Del trabajo de Condori Fernández y Lago [8], surge un importante aporte al determinar qué atributos de calidad del modelo ISO/IEC 25010 son más relevantes para las distintas dimensiones de la sostenibilidad. Los autores asignan niveles de contribución del atributo a la dimensión, que pueden ser: altamente contributiva, contributiva, ligeramente contributiva o no contributiva. Se comparan los resultados obtenidos en dos instancias diferentes obteniendo tres valores posibles (0, 1 o 2) que indican qué característica es más importante para la dimensión en estudio y cuál es el atributo más relevante.

A los fines de este trabajo, se consideran para inferir la sostenibilidad, los atributos

detallados en Tabla 1, relacionados con las dimensiones ambiental, técnica, económica y social. Para validar la propuesta se toma como caso de estudio al Sistema de Contrataciones de la Provincia de La Rioja [9], particularmente al módulo de Proveedores y al de Publicación de las Contrataciones.

**Tabla 1.** Características y Atributos de Calidad del Software relacionados con las dimensiones de la sostenibilidad

CARACTERÍSTICA	ATRIBUTO	DIMENSIÓN
Compatibilidad	Interoperabilidad	Técnica
Adecuación Funcional	Corrección funcional	
Mantenibilidad	Capacidad de ser modificado	
Portabilidad	Adaptabilidad	
Eficiencia de Desempeño	Capacidad	Ambiental
	Utilización de recursos	
Seguridad	Confidencialidad	Social
	Integridad	
Usabilidad	Capacidad para ser usado	
	Protección frente a errores de usuarios	
	Accesibilidad	
Fiabilidad	Disponibilidad	Económica

El Sistema Provincial de Contrataciones fue creado por Ley Provincial N° 9341 del 13 de diciembre de 2012 [10]. Tiene por objeto que las compras públicas se realicen con la mejor tecnología, en el momento oportuno y al menor costo posible, coadyuvando al desempeño eficiente de la Administración y al logro de los resultados requeridos por la sociedad, y tiene por finalidad asegurar una eficiente utilización de los Fondos Públicos, mediante la exigencia de la definición previa de las necesidades a satisfacer, la salvaguarda de la libre competencia y la selección de la oferta más ventajosa. Mediante el modelo se aplican métricas en dos momentos, cuando la gestión era manual y en algunos casos semiautomática y actualmente, cuando se digitalizó tanto la gestión de los proveedores del Estado como la difusión de los pliegos a los posibles oferentes conforme al rubro económico en el cual se encuentran registrados. Por ej., en el año 2019

se aprobaron 255 proveedores mediante una gestión combinada, se preinscribían en el sistema [9] y luego debían acercarse a la Dirección General de Sistemas de Contrataciones para terminar el trámite presentando toda la documentación en papel, legajo físico. En 2021, luego de implementar la reingeniería del proceso de registro, se aprobaron 491 proveedores, generándose el legajo electrónico con la documentación digital ingresada en dicho proceso, lográndose digitalizar y despapelizar la gestión.

A continuación, se exponen ejemplos de las métricas mencionadas.

Característica: *Eficiencia de Desempeño*

Subcaracterística: *Utilización de Recursos*

Métrica: *Uso del Papel*

Función de Medición:  $X=A/B$

A=Cantidad de informes en papel

B=Cantidad total de informes ( $B>0$ )

Resultados:

2019:  $X=9/10$   $X=0,9$

2021:  $X=0/10$   $X=0$

Valor deseado: Lo más cercano a 0 es mejor

Teniendo en cuenta que la dimensión ambiental busca evitar que el desarrollo y uso de sistemas dañe el medio ambiente en el que operan, se define a la Utilización de Recursos como un atributo muy importante. En la valoración se tuvo en cuenta principalmente a la métrica referida al “uso del papel”, debido a que fue un punto muy evidente de mejora y evolución en los dos momentos del sistema que se midieron. No obstante, se busca hacer frente a los retos actuales, reduciendo la demanda energética, el uso de servidores, almacenamiento y transferencia de datos.

Característica: *Usabilidad*

Subcaracterística: *Accesibilidad*

Métrica: *Facilidad de acceso al sistema*

Función de Medición:  $X=A/B$

A=Otras capacidades detectadas en los accesos

B=Número de otras capacidades especificadas

Resultados:

2019:  $X=1/3$   $X=0,33$

2021:  $X=2/3$   $X=0,66$

Valor deseado: Lo más cercano a 1 es mejor

Nos pareció importante también medir la subcaracterística Accesibilidad por lo que en sí misma implica, teniendo en cuenta que la Usabilidad contribuye a la dimensión social. Para la valoración de la métrica se tomó en cuenta la facilidad de acceso de personas con otras capacidades al sistema. Especificamos como otras capacidades la ceguera, la sordera y los problemas motrices, de allí que en el 2019 solo personas sordomudas podían acceder a gestiones que mediana o totalmente requerían tramitación presencial. En cambio, en 2021 al cambiar a una gestión digital también podían acceder personas con problemas motrices que no necesitaban trasladarse; quedando como desafío adaptar el sistema, incorporando funcionalidades o dispositivos necesarios para el acceso de personas con ceguera o problemas visuales.

Luego de obtener los resultados de las métricas, es importante definir los “umbrales” (Tabla 2), puntos de referencia que permitirán determinar el nivel de cumplimiento o las desviaciones, posibles problemas de calidad del producto.

**Tabla 2.** Valoración de resultados de las métricas

PUNTUACIÓN (valor óptimo: el más cercano a 1)	VALORACIÓN	PUNTUACIÓN (valor óptimo: el más cercano a 0)
1	Muy bueno	0
0,8	Bueno	0,2
0,5	Regular	0,5
0,2	Malo	0,8
0	Muy malo	1

Teniendo en cuenta los ejemplos citados precedentemente, el resultado de la métrica “uso del papel”, para resultar óptimo debe acercarse o ser igual a 0 y se observa en las dos instancias valoradas la evolución favorable de *malo* a *muy bueno*.

En cambio, la “facilidad de acceso al sistema” será mejor cuanto más cerca esté el resultado

de 1. Y si bien evolucionó de *regular a bueno*, quedan aspectos importantes por mejorar.

Con los umbrales traducimos los resultados numéricos en una calificación cualitativa que nos permitirá determinar si el producto, objeto de estudio, es o no sostenible. Consideramos que solamente si la valoración es “*muy bueno*”, se puede inferir en que el software es Sostenible.

En base a estas propuestas, y siguiendo esta línea de investigación, surge la necesidad de contar con un método de evaluación que permita la instanciación de un modelo de Calidad con base en la sostenibilidad. Es decir, poder evaluar el grado en que una empresa u organización cumple con un modelo de calidad. El método propuesto tiene sus bases en modelos matemáticos y estadísticos que permiten que los procesos sean sistemáticos y repetibles. Para definirlo, se tuvieron en cuenta diversas herramientas, técnicas, modelos y métodos. Se parte eligiendo un modelo de calidad, en particular se tomó como punto de partida el modelo definido en [4]. Cabe aclarar que dicho modelo, se plantea como inicio para el método, pero no es de ninguna manera estático, es decir, se define de manera que sea aplicable a otros modelos de calidad. Se puede ajustar a las distintas situaciones, tecnologías o reglas de negocio/mercado a medida que vayan surgiendo.

El objetivo del método es poder validar/verificar si el modelo de calidad de la empresa se ajusta, y en qué medida, al modelo de gestión de la calidad.

## **2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Los principales ejes de trabajo de esta línea de investigación están asociados a:

- Evaluación de la calidad de productos de software.
- Estudio de modelos conceptuales con base en la sostenibilidad aplicados a la calidad de productos de software.
- Estudio de estándares y metodologías aplicadas a la construcción de MC.

## **3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS**

La línea de I+D presentada en este trabajo se está desarrollando teniendo en cuenta los objetivos del Proyecto de I+D que la contiene. De manera específica para esta línea investigación se obtuvieron hasta la fecha los siguientes resultados:

Estudio de los modelos y normas de calidad aplicados a productos de software. Estudio de metodologías o métodos que guíen la construcción de modelos de calidad.

Definición del modelo de calidad con base a la sostenibilidad.

Validación del modelo de calidad a través de la evaluación de distintos softwares para saber si cubren las demandas organizacionales y las necesidades de los usuarios, y su impacto en el contexto que está inserto.

Los resultados esperados son:

Concluir con la definición del modelo conceptual de calidad aplicado a productos software a través de la metodología y norma de calidad seleccionada, sin perder de vista los criterios de sostenibilidad.

Definir e implementar el método o algoritmo para llevar a cabo las distintas evaluaciones.

## **4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

En esta línea de investigación se trabaja en lo referente a distintos modelos y métodos de evaluación de calidad. Se está trabajando en el Proyecto de Tesis de la Maestría en Calidad de Software (Plan Ord. 017/09-CD) de la Lic. Rosana Leo, de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis.

Como así también se están llevando a cabo algunas tesinas de grado para la Licenciatura en Computación y trabajos finales de carrera

de la Ingeniería en Informática e Ingeniería en Computación de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis.

## 5. REFERENCIAS

- [1]. Pressman R.; “Ingeniería de Software. Un enfoque práctico” 9ª Ed. McGraw-Hill Interamericana, 2021
- [2]. ISO/IEC 25010 Systems and software engineering-Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQUARE) System and software quality models.
- [3]. Callejas-Cuervo, M.; Alarcón-Aldana, A.; Álvarez-Carreño, A. Modelos de calidad del software, un estado del arte. En: Entramado. Enero - junio, 2017. vol. 13, no. 1, p. 236-250
- [4]. Leo R., Salgado C., Peralta M., Sánchez a. “Un Modelo de Calidad de Software con La Sostenibilidad como Característica Transversal” IDETEC 2022.
- [5]. CMMAD. Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1987). Informe Brundtland: “Nuestro futuro común”
- [6]. Becker C. Manifiesto Karlskrona. Sustainability design and software. 2015
- [7]. Oyedeji, Shola – Seffah Ahmed – Pensestadler Birgit. Catálogo de Diseño de Sostenibilidad del Software (Suiza). 2018.
- [8]. Fernández, N.C. y Lago P. “Characterizing the contribution of quality requirements to software sustainability”. Revista de Sistemas y Software, Vol. 137 pag 289-305. Marzo 2018.
- [9]. Sistema de Contrataciones de la Provincia de La Rioja. 2015. <https://compras.larioja.gob.ar/index.php>
- [10]. Ley Provincial N° 9341. Régimen General de Contrataciones. 13 de diciembre de 2012 (B.O. 23 de abril de 2013).