

Tipo de artículo: Artículo original  
Temática: Inteligencia Computacional  
Recibido: 18/03/2020 | Aceptado: 23/04/2020 | Publicado: 02/06/2020

## **Priorización de requisitos para una adecuada calidad de software**

### *Prioritization of requirements for an appropriate quality of software*

**Miguel Ángel Quiroz Martínez**<sup>1\*</sup>, **Ornella Andrea Jurado Antón**<sup>2</sup>, **Daniel Humberto Plua Moran**<sup>3</sup>, **Maikel Yelandi Leyva Vazquez**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Informática, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Guayas, Ecuador, Correo electrónico: [mquiroz@ups.edu.ec](mailto:mquiroz@ups.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Guayas, Ecuador, Correo electrónico: [ojurado@est.ups.edu.ec](mailto:ojurado@est.ups.edu.ec)

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Guayas, Ecuador, Correo electrónico: [dplua@ups.edu.ec](mailto:dplua@ups.edu.ec)

<sup>4</sup> Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Guayas, Ecuador, Correo electrónico: [mleyvaz@gmail.com](mailto:mleyvaz@gmail.com)

\* Autor para correspondencia: [mquiroz@ups.edu.ec](mailto:mquiroz@ups.edu.ec)

---

#### **Resumen**

La definición y análisis de los requisitos de software son factores claves para el éxito final de los proyectos de software en particular para una adecuada calidad de software. La priorización de requisitos de software, es un proceso de toma de decisiones, que en ocasiones se torna complejo, debido a que en este proceso se determinan las funcionalidades necesarias a incluir en el producto a desarrollar y se relaciona con la calidad del software. Esta calidad se mide por la capacidad que posee el software para satisfacer las necesidades de los clientes y usuarios finales. La satisfacción de necesidades implica una correcta ingeniería que incluye requisitos especialmente de priorización. Priorizar los requisitos de software es un proceso que no está concebido suficientemente en cuanto a la flexibilidad y adaptabilidad a los contextos específicos de las organizaciones. La priorización de requisitos contribuye a la identificación de los conjuntos que son críticos para el éxito del proyecto de software, conjuntos que se ubican en las primeras iteraciones, y el otro resto de conjuntos que son críticos para el éxito del proyecto son considerados triviales y se ejecutan más tardíos. Este proceso permite ordenar el conjunto total de requisitos, lo que permite la formación de subconjuntos y su asignación de iteraciones. En el presente trabajo, se propone el uso de la priorización de requisitos de software, que hace uso de los operadores de agregación de forma jerárquica, para una adecuada calidad del software.

**Palabras clave:** Priorización de requisitos; operadores de agregación; calidad de software, requerimientos de ingeniería; toma de decisiones.

### **Abstract**

*The definition and analysis of the requirements of software are key factors for the final success of the projects of software specially for an appropriate quality of software. The prioritization of requirements of software, it is a process of taking of decisions, that in occasions returns complex, due to that in this prosecute decide the necessary functionalities to include in the product to develop and it is related with the quality of the software. This quality is measured for the capacitance that possesses the software to satisfy the needs of the clients and final users. The satisfaction by necessity implies contradiction a correct engineering that includes requirements specially of prioritization. Granting the priority to the requirements of software is a process that is not conceived sufficiently as for the flexibility and adaptability to the specific contexts of the organizations. The prioritization of requirements contributes to the identification of the wholes that they are critical for the success of the project of software, joined that they are located in the first iterations, and the other general remainder that are critical for the success of the project are considerate trivial and it is executed more late. This process permits arrange the total whole of requirements, which permits the general formation and your assignment of iterations. At present work, proposes the use of the prioritization of requirements of software, that does use of the addition operators in a hierarchical way, for an appropriate quality of the software.*

**Keywords:** *prioritization of requirements; operators of addition; quality of software, requests of engineering; take of decisions.*

### **Introducción**

Los objetivos ingenieriles de forma general y en particular en la ingeniería de software, es lograr la calidad en los productos finales. La calidad del software a menudo está determinada por la capacidad de satisfacer los atributos de calidad basados en la información de acuerdo con las necesidades de los clientes y usuarios finales, obtenida y especificada como requerimientos de software.

Una correcta definición y análisis de los requisitos de software, es uno de los factores que contribuyen al éxito final de los proyectos de software según refieren (Leyva-Vázquez, Rosado-Rosello, Febles-Estrada, 2012). La priorización de requisitos (RP) es un proceso complejo de toma de decisiones, a través del cual se determinan las funcionalidades apropiadas para incluirlas en cada lanzamiento de producto a desarrollar (Aurum, Wohlin, 2005).

Estudios, de Avesani (2005); Lima, (2011); Otero, (2010); Beg, Abbas, Verma, (2008); Racheva, (2010); Logue, McDaid (2008); Chatzipetrou, (2010); Tonella, Susi, Palma (2010); Ramzan, Jaitar, Shahid (2009); Hernández, Díaz, Garbey (2009); Azar, Smith, Cordes (2007), abordan sobre la priorización de requerimientos y requisitos de software, como una de las actividades de más altos niveles de complejidad en ingeniería de requerimientos y fundamental para el éxito de los proyectos. Al respecto, los citados autores refieren que los proyectos a menudo tienen más requerimientos y requisitos que las limitaciones de tiempo y costo para ser implementados.

En particular, el proceso de priorización comprende actividades de requerimientos y requisitos para crear y mantener los documentos pertinentes de los sistemas. Esencialmente, el proceso de priorización es el proceso de aplicar un método estructurado, el cual analiza el sistema y desarrolla un conjunto de modelos gráficos del mismo que actúan como una especificación del sistema, las actividades fundamentales de la ingeniería de requerimientos se muestran en la Figura 1.

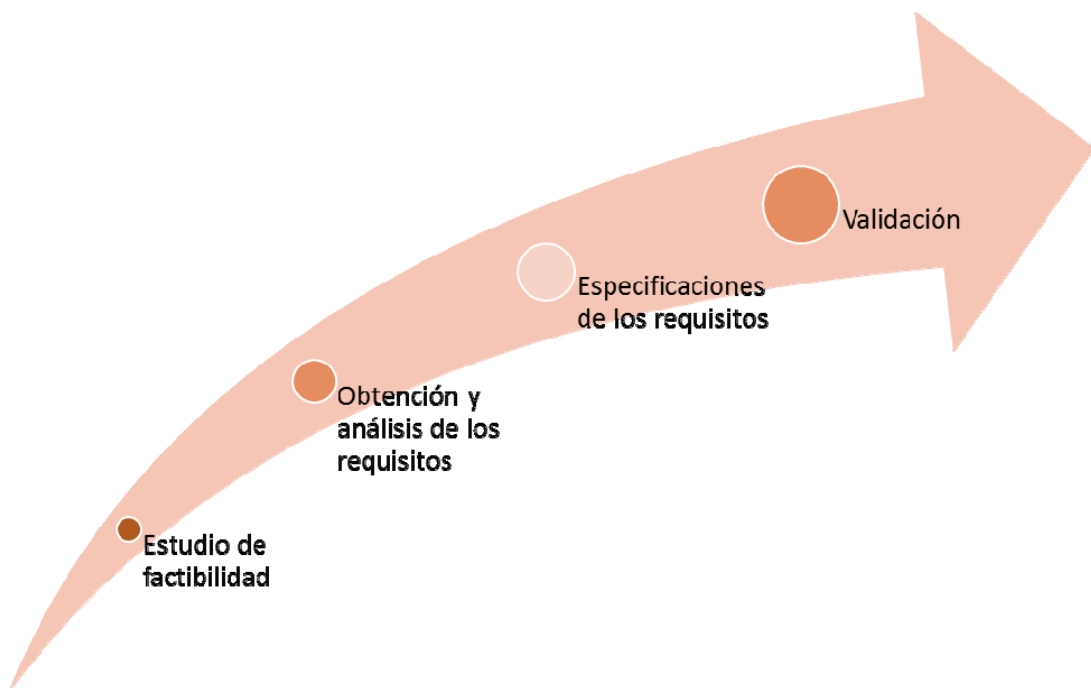


Figura 1. Actividades contempladas en la ingeniería de requerimientos.

La RP ayuda a identificar el conjunto que es crítico para el éxito del proyecto, que será en las primeras iteraciones, dejando las triviales para más adelante. Esto permite ordenar el conjunto total de requisitos, permitiendo la formación de subconjuntos y su asignación iteración (Avesani, 2005).

Los requerimientos para conocer su factibilidad deben ser validados, porque un error en un requerimiento es muy costoso e implica cambios en todas las demás etapas del proyecto de software, el que incide con los requisitos, lo que se ven afectados y conlleva a una nueva priorización. El usuario debe visualizar el sistema en operación e imaginarse la manera en que éste encaja en su trabajo, para validarlo, las técnicas de validación que comúnmente se utilizan son:

- ✓ Revisiones de requerimientos y requisitos
- ✓ Construcción de prototipos
- ✓ Generación de casos de prueba
- ✓ Análisis de consistencia automático

Las revisiones involucran a todos los *stakeholders* y deben comprobar:

- Consistencia e integridad
- Verificabilidad
- Comprensibilidad
- Rastreabilidad
- Adaptabilidad

Los defectos encontrados deben registrarse formalmente para su posterior discusión y análisis. Para realizar un proceso de priorización de requisitos se deben seguir los siguientes pasos, que son iterados durante todo el ciclo de vida del proyecto (Avesani, 2005):

- Selección de uno o más criterios de priorización
- Asignación de valores a los criterios seleccionados por parte de uno o más involucrados
- Agregación de los criterios para lograr un orden final de los requisitos

Debido a que el proceso de priorización es iterativo, el mismo conlleva varios participantes, cada iteración para cada requisito se analizan y los valores finales son asignados como requisito a cumplir. En el uso de las técnicas de asignación de valores, sobre cada uno de los requisitos, cada persona tendrá un valor numérico más el valor cognitivo correspondiente para requisitos.

Para la asignación a cada participante de un valor de requisito se consideran tres variables, que se describen a continuación.

- Conocimiento del individuo sobre los requisitos; para ello evalúa teniendo en cuenta los criterios sin conocimiento, poco conocimiento, conocimiento suficiente, y experto. Cada nivel tendrá un peso asignado.
- Categorización del individuo; se considera la jerarquía del individuo dentro y fuera de la organización. Como en toda organización existen múltiples niveles de jerarquías, una asignación válida de peso estará dada por un peso diferente para cada nivel. Para el caso de los participantes que están fuera de la organización (desarrolladores, clientes) la asignación será un valor específico entre los valores considerados en la organización.
- Valor asignado por el individuo; es un valor entero, que pertenece al conjunto  $\{-9, -8, \dots, -1, 0, 1, \dots, 9\}$ . Cuando el valor es negativo significa que la implementación y los requisitos a cumplir para el éxito del sistema, es negativa y por tanto la implementación del sistema no es adecuada realizarla.

En particular, las actividades relacionadas a la etapa de obtención y negociación de requisitos deben adaptarse a una nueva realidad: los desarrolladores, clientes y usuarios finales se hallan distribuidos geográficamente. Ante esta situación, la distancia entre los participantes en la etapa de definición de requisitos es un aspecto a tener en cuenta.

El proceso descrito, no necesita que los participantes se encuentren en el mismo lugar geográfico, ni al mismo momento. Sí necesita de un facilitador el cual será la persona que asista a cada experto en la asignación de valores, que colabore con cada participante, en la utilización de la futura herramienta como en la metodología en sí, además de en ciertos casos evitar que un participante con determinadas características asigne un valor de importancia a ciertos requerimientos.

Por otra parte, es de destacar que en las etapas iniciales de un proyecto de desarrollo de software los requisitos generalmente son imprecisos. En la medida en que el proyecto avanza y el entendimiento del producto crece los requisitos se especifican con mayor nivel de detalle.

La priorización de requisitos es un proceso que puede hacerse en distintas etapas del ciclo de vida, el mismo se realiza teniendo en cuenta diferentes variables, impuestas por las necesidades y contexto de las organizaciones. Berander y Andrews (2005) definen un conjunto de variables que incluyen importancia, efectos desfavorables, costo, tiempo, riesgo, volatilidad entre otros. Wieger (2003), propone un método basado en valor, costo y riesgo de los requisitos. Avesani (2005) clasifica las variables en aspectos de negocio (ej. competencia del mercado, regulaciones), satisfacción del cliente y aspectos técnicos (ej. costo del desarrollo).

Estos criterios son agregados en los métodos existentes a fin de calcular un valor único de prioridad asignado a cada requisito. No obstante, la agregación de los criterios no es lo suficientemente flexible y adaptable a los contextos específicos de las organizaciones.

Para ejecutar un método de priorización de requisito, en ocasiones se utilizan los operadores de agregación de forma jerárquica, estos operadores de agregación, combinan distintos datos brindando una única salida. Los operadores de agregación son un tipo de función matemática empleada para la fusión de la información, los operadores de agregación presentan múltiples aplicaciones en diversas áreas (Yager, Kacprzyk, Beliakov, 2011).

En la toma de decisiones, los operadores de agregación, poseen un papel fundamental, debido que a partir de los resultados obtenidos, al aplicar los operadores, se realiza la evaluación y en la construcción de alternativas (Torra, Narukawa, 2007).

Cada una de las familias de operadores presenta características que les permiten modelar determinadas situaciones. La media ponderada (WA, por sus siglas en inglés) posibilita asignar peso a las fuentes de información lo que permite su empleo para representar fiabilidad o importancia/preferencia.

La familia de operadores OWA (*ordered weighted averaging*, o traducido al español media ponderada ordenada) (Yager, Kacprzyk, Beliakov, 2011), posibilita la compensación o dar peso a los datos en dependencia de sus valores. Las integrales difusas según Yager (2006), permiten modelar redundancia, complementariedad e interacciones entre criterios. Sin embargo, los operadores no son adecuados para expresar las propiedades expresadas en el razonamiento humano (Jaiswal, 2014)

Esencialmente, los operadores de agregación son un tipo de función matemática empleada para la fusión de la información. Combinan  $n$  valores en un dominio  $D$  y devuelven un valor en ese mismo dominio (Torra, 1997).

La agregación de la información es el proceso de combinar distintos datos brindando una única salida, utilizando con frecuencia los operadores de agregación, los que se representa a través de la ecuación 1.

$$\mathbb{C}: \mathbb{N}^n \rightarrow \mathbb{N} \quad (1)$$

Para realizar una priorización de requisitos, como se propone en el presente trabajo, se hace uso de los operadores de agregación de forma jerárquica, en aras identificar los conjuntos que son críticos para una adecuada calidad del software.

## **Materiales y métodos o Metodología computacional**

Para realizar una priorización de requerimientos a través de los operadores de agregación de forma jerárquica, en aras identificar los conjuntos que son críticos, para una adecuada calidad del software, se propone un conjunto de actividades que a continuación se refieren:

- Selección de los criterios y requisitos
- Obtención de la información
- Normalización de los valores
- Determinación de vectores de pesos y agregación

Las descripciones detalladas de cada una de las actividades propuestas se describen a continuación:

- Selección de los criterios y requisitos, en esta actividad se seleccionan los criterios y los requisitos que serán evaluados. Siendo  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$  con  $k \geq 2$  los criterios a ser evaluados, y  $R = \{R_1, R_2, \dots, R_j\}$  con  $j \geq 2$  los requisitos.
- Obtención de la información: Se obtiene información sobre las preferencias de los decisores. Esta información representa la valoración de cada requisito con respecto a los criterios. El vector de utilidad, según Espinilla (2012) es representado de la siguiente forma;  $V_j = \{v_{j1}, v_{j2}, \dots, v_{jn}\}$ , donde  $v_{jk}$ , es la preferencia en relación al criterio  $C_k$  del requisito  $R_j$ . La valoración se da en el intervalo  $[0,1]$ , siendo 0 el peor valor y 1 el

mejor valor.

$$\tilde{v}_{jk} = \frac{v_{k \max} - v_{jk}}{v_{k \max} - v_{k \min}}$$

- Normalización de los valores: Los valores de las preferencias son normalizados teniendo en cuenta si son de tipo beneficio o costo. Siendo  $\tilde{v}_{kj}$ , el valor normalizado, que se calcula para los criterios tipo beneficio a través de la ecuación 2.

$$(2) \quad \tilde{v}_{jk} = \frac{v_{k \min} - v_{jk}}{v_{k \min} - v_{k \max}}$$

y para los tipos costo, el valor normalizado se calcula a través de la ecuación 3.

$$(3)$$

Donde;  $V_{k \min}$ , es la valoración mínima con respecto al criterio  $k$  y  $V_{k \max}$  es la valoración máxima con respecto al criterio  $k$ .

- Agregación: La función de agregación OAG:  $[0,1]^n \rightarrow [0,1]$  se obtiene mediante un proceso de agregación jerárquica. Se utiliza WPM, utilizando el modelo de puntuación lógica de preferencias (LSP, por sus siglas en inglés) (Torra, 1997).

Basado en los criterios antes referidos, para el presente trabajo se utiliza un método de agregación Jerárquica. Debido a que este se ajusta de un modo más realista al proceso de priorización de requerimientos para identificar los conjuntos que son críticos para el éxito de los proyectos de Software. El empleo de los operadores de agregación de forma jerárquica dota de flexibilidad al método, la posibilidad de obtener directamente las preferencias del decisor y su expresión en los vectores de peso es otra de sus fortalezas del método.

## Resultados y discusión

Para el proceso de priorización de requisitos con el fin de identificar los conjuntos que son críticos, para una adecuada calidad del software, se seleccionaron los criterios relacionados con las dificultades técnica, costo y valor para el proyecto de un conjunto de cuatro requisitos de software, pertenecientes a un sistema de información de salud. Posteriormente se realiza la valoración para cada requisito con respecto a los criterios seleccionados, lo que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Valoración de los requisitos

Requisito	Dificultad	Costo	Valor
R1	0.2	0.4	0.5
R2	0.8	0.2	0.6
R3	0.4	0.7	0.3
R4	0.3	0.6	0.7

Los criterios relacionados con la dificultad técnica y el costo son criterios tipo costo y se normalizan según (4). El criterio valor de tipo beneficio se normaliza según (3). Los resultados de la normalización se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Normalización de los criterios

Requisito	Dificultad	Costo	Valor
R1	1.00	0.67	0.80
R2	0.00	1.00	0.80
R3	0.71	0.00	0.00
R4	0.86	0.33	1.00

La estructura de agregación jerárquica obtenida, se muestra en la Tabla 3. Se emplearon operadores de agregación que reflejan simultaneidad tal como lo establece LSP (Gyorgy, Suciú, Militaru, 2014)

Tabla 3. Estructura de la agregación

Entradas	Operador	ID del bloque	Operador	ID del Bloque
----------	----------	---------------	----------	---------------



Costo	0,4	C- -	Balance Costo/Beneficio	0,7	C-	Prioridad global
Valor	0,6			0,3		
Dificultad Técnica						

Los resultados de la agregación de los criterios permiten ordenar los requisitos. En este caso el orden de prioridad es el siguiente  $R1 > R4 > R2 > R3$ .

Los resultados obtenidos, muestran la aplicabilidad que presentan los modelos de ayuda a la toma de decisión basados en la agregación de la información y la actualidad y pertinencia de la temática debido a las mejoras que en el proceso de toma de decisiones en la ingeniería de software brinda. Se evidencia facilidad al hacer uso de la metodología propuesta y elevada flexibilidad para el éxito de los proyectos de Software en cuanto a la priorización de requerimientos.

## Conclusiones

En el presente artículo se presentó un método para la priorización de requerimientos de software basado en Operadores de Agregación Jerárquica basado para la fusión de la información. Para la a agregación jerárquica se utilizó el operador WPM. Las actividades utilizadas fueron la selección de los criterios, obtención de la información sobre las preferencias de los decisores, normalización de los valores y finalmente la agregación de los valores normalizados de las preferencias. Entre las principales ventajas del método se evidenció, la posibilidad de modelar la importancia de los criterios y la compensación.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo al trabajo del grupo de investigación GIIAR y a la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, Ecuador.

## Referencias

- AURUM, A. and WOHLIN, C. *Engineering and Managing Software Requirements*. 2005, New York: Springer.
- AVESANI, P. *Facing scalability issues in requirements prioritization with machine learning techniques*. 2005.
- AVESANI, P., *Facing scalability issues in requirements prioritization with machine learning techniques*. 2005. IEEE.

- AZAR, J., SMITH, R.K. CORDES, D. Value-oriented requirements prioritization in a small development organization. *IEEE software*, 2007: p. 32-37.
- BEG, R., ABBAS, Q., VERMA, R.P. An approach for requirement prioritization using b-tree. 2008. IEEE.
- BERANDER, P. and ANDREWS, A. Requirements Prioritization. 2005.
- CHATZIPETROU, P. Prioritization of issues and requirements by cumulative voting: A compositional data analysis framework. 2010. IEEE.
- ESPINILLA, M. A 360-degree performance appraisal model dealing with heterogeneous information and dependent criteria. *Information Sciences*, 2012.
- HERNÁNDEZ, A.; DÍAZ, D., GARBEY, Y. L. LÍNEA BASE DE REQUISITOS FUNCIONALES PARA EL DESARROLLO DE LABORATORIOS VIRTUALES CON FINES EDUCATIVO. “VII Taller Internacional de Calidad en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones” Technique. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, 2009.
- JAISWAL, R. Watershed prioritization using Saaty’s AHP based decision support for soil conservation measures. *Water resources management*, 2014. 28(2): p. 475-494.
- LEYVA-VÁZQUEZ, M.Y., ROSADO-ROSELLO, R. and FEBLES-ESTRADA, A. Modelado y análisis de los factores críticos de éxito de los proyectos de software mediante mapas cognitivos difusos. *Ciencias de la Información*, 2012. 43(2): p. 41-46.
- LIMA, D. A fuzzy approach to requirements prioritization. *Search Based Software Engineering*, 2011: p. 64-69.
- LOGUE, K., MCDAID. K. Handling uncertainty in agile requirement prioritization and scheduling using statistical simulation. 2008. IEEE.
- OTERO, C.E. A Quality-Based Requirement Prioritization Framework Using Binary Inputs. in *Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation*. 2010. IEEE.
- PÉREZ, K., et al. Modelo matemático y procedimiento para evaluación por complejidad de los requisitos software. in *15th Workshop on Requirements Engineering (WER 2012)*. 2012. Bueno Aires.
- RACHEVA, Z. Do We Know Enough about Requirements Prioritization in Agile Projects: Insights from a Case Study? 2010. IEEE.

RAMZAN, M., JAITAR, M.A., SHAHID, A.A. Value based Intelligent Requirement Prioritization (VIRP): Expert Driven Fuzzy Logic based Prioritization Technique. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, 2009.

TONELLA, P., SUSI, A., PALMA, F. Using interactive ga for requirements prioritization. 2010. IEEE.

TORRA, V. and NARUKAWA, Y. *Modeling decisions: information fusion and aggregation operators*. 2007: Springer.

TORRA, V. The weighted OWA operator. *International Journal of Intelligent Systems*, 1997. 12(2): p. 153-166.

WIEGERS, K.E., *Software Requirements, Second Edition*. 2003, Redmond: Microsoft Press

YAGER, R.R., An extension of the naive Bayesian classifier. *Information Sciences*, 2006. 176(5): p. 577-588.

YAGER, R.R., KACPRZYK, J., BELIAKOV, G. *Recent Developments in the Ordered Weighted Averaging Operators: Theory and Practice*. 2011: Springer.