



Propuesta lingüística 2-Tuplas para la selección del tipo de metodología de desarrollo de software

2-Tuples linguistic proposal for the selection of the type of methodology of software development

Crêspo Boaventura José^{1*}

Pascual Verdecia Vicet²

Iliana Pérez Pupo²

Nadia Porro Lugo²

¹ Instituto Superior Politécnico de Songo, Tete, Mozambique.

² Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos, Universidad de las Ciencias Informáticas.
La Habana. Cuba

RESUMEN

Uno de los problemas actuales presente en el desarrollo de software es cómo elegir el tipo de metodología de desarrollo a emplear en cada proyecto cuando existe incertidumbre en los criterios de los decisores. La diversidad de los proyectos de software y las habilidades que los evaluadores tienen de manejar la incertidumbre y la ambigüedad en la evaluación de los contextos agrega elevado nivel de subjetividad en la información. Esto influye sobre la toma de decisión a la hora de elegir una metodología para el desarrollo de determinado proyecto. En el presente trabajo se elaboró un procedimiento para la selección del tipo metodologías de desarrollo de software basado la programación lingüística 2-Tuplas. Se tomó una base de datos de 14 proyectos y se definieron nueve criterios con sus respectivos indicadores, a partir de los cuales se recogió la opinión de un conjunto de expertos, respecto a qué tipo de metodología de desarrollo utilizar en cada proyecto de la base de datos. Se aplicó el método de Boehm & Turner y un procedimiento con el uso de la lingüística 2-Tuplas. Los resultados de ambas propuestas se compararon con los resultados obtenidos de las opiniones dadas por los expertos sobre el tipo de metodología a utilizar en cada proyecto; de esta forma, se valoró la propuesta lingüística 2-Tuplas como procedimiento apropiado para la selección de metodologías de desarrollo de software.



Palabras clave: método de Boehm y Turner, programación lingüística 2-Tuplas, selección de metodología de software, soft computing.

ABSTRACT

One of the current problems in software development is how to choose the type of development methodology to be used in each project when there is uncertainty in the criteria of the decision makers. The diversity of software projects and the skills that evaluators have to deal with uncertainty and ambiguity in contextual assessment add a high level of subjectivity in the information. This affects in the decision making when choosing a methodology for the development of a specific project. In the present work a procedure was developed for the selection of software development methodologies based on the soft computing technique, specifically the use of 2-Tuples linguistic programming. A database of 14 projects was taken and nine criteria were defined their respective indicators from which the opinion of a group of experts is gathered on the type of development methodology to be used in each project of the database. It was applied the method of Boehm and Turner and a procedure with the use of linguistics 2-Tuples. The results of both proposals were compared with the results obtained from the specialists on the type of methodology to be used in each project and validate the 2-Tuples linguistic proposal as an appropriate procedure for the selection of software development methodologies.

Keywords: Boehm and Turner method, 2-Tuples linguistic programming, selection of software methodology, soft computing.

Introducción

Una de las decisiones importantes a tomar en las organizaciones orientadas al desarrollo de proyectos informáticos es la selección de la metodología para el desarrollo. Esta constituye uno de los factores de éxito de los proyectos de software.

En las organizaciones orientadas al desarrollo de proyectos informáticos se desarrollan diferentes tipos de proyectos de software con recursos y condiciones distintas. El equilibrio de esos proyectos con la metodología a utilizar es fundamental para el cumplimiento de los objetivos planteados.

En la actualidad se conocen dos tipos de metodologías para el desarrollo de software. Las denominadas metodologías tradicionales o formales que enfatizan la identificación, la definición y la aplicación detallada de las actividades del proceso. Las denominadas metodologías ágiles, que enfatizan la agilidad en el desarrollo del proyecto y siguen un conjunto de principios que conducen a un enfoque más liberal (pero no menos efectivo) del proceso de software (Stoica, 2013; García Rodríguez, 2015). A pesar de la existencia de estos dos tipos de metodologías para el desarrollo de software de calidad, aún existen proyectos de software que presentan problemas. Según el estudio realizado por *The Standish Group* en 2015 (Hastie y Wojewoda 2015), una organización que publica reportes anuales sobre el estado actual de la industria de desarrollo de software, de un total de 50,000 proyectos ejecutados alrededor del mundo, apenas 29 % de ellos terminaron con éxito, 52 % de ellos han sido renegociados y 19 % fracasaron.

En las organizaciones orientadas al desarrollo de proyectos informáticos se desarrollan diferentes ti-



pos de proyectos de software con recursos y condiciones distintas. El equilibrio de esos proyectos con la metodología a utilizar es fundamental para el éxito de los mismos. Sin embargo, en ocasiones no se toma la metodología de desarrollo adecuada al proyecto. En la mayoría de los proyectos de software actuales, el esfuerzo dedicado a la valoración de estas cuestiones todavía es insuficiente (Velázquez, et. al., 2012), haciendo que la selección de la metodología a utilizar parezca un acto de fe, en lugar de una evaluación de alternativas técnicas, costos, beneficios, condiciones sociales y riesgos asociados.

La incertidumbre se manifiesta al desconocer o tener conocimiento limitado sobre un proceso o fenómeno dado. Este grado de desconocimiento en la elección del tipo de metodología para el desarrollo de un proyecto puede ser alto o bajo, en dependencia de la experiencia del conjunto de decisores que intervengan en el proceso.

En muchas ocasiones de toma de decisiones con incertidumbre es imprescindible la aplicación de técnicas que permitan brindar criterios que ayuden el tratamiento de información imprecisa o dudosa. Las técnicas de *soft computing* han sido utilizadas exitosamente para resolver numerosos problemas que manejan información incierta, incompleta e imprecisa (Lanzarini, et. al., 2013), permitiendo mejorar el proceso de evaluación y toma de decisiones sobre cuestiones donde la complejidad de la información puede generar elevado nivel de subjetividad. Una de las situaciones en las que se presenta incertidumbre es a la hora de elegir entre una metodología ágil y una tradicional. Esto ocurre con frecuencia a la hora de iniciar un proyecto.

El empleo de técnicas y procedimientos para el tratamiento de la incertidumbre y el riesgo es especialmente valioso cuando los resultados son de gran importancia y se desea tomar decisiones para lograr los objetivos.

El objetivo de la presente investigación es proponer un procedimiento para el uso de la técnica lingüística 2-Tuplas en la selección del tipo de metodología para el desarrollo de un proyecto de software. Esta técnica permite unificar los criterios en situaciones de incertidumbre o ambigüedades, ayudando así a la toma de decisiones.

Para comprobar la validez del procedimiento se utilizó una base de datos de 14 proyectos. Los resultados obtenidos durante la aplicación de la técnica lingüística 2-Tuplas y los obtenidos al aplicar el método de Barry Boehm y Richard Turner, fueron comparados con los resultados obtenidos de los criterios dados por los expertos.

Metodología computacional

De un conjunto de expertos se escogieron 8 expertos con 10 o más años de experiencia en el trabajo con proyectos de software. Se les dio una base de datos conformada por 14 proyectos, con la información sobre Personal, presupuesto, tecnología y tiempo de ejecución. Los expertos emitieron sus criterios sobre qué metodología usar en cada proyecto. Los resultados obtenidos fueron utilizados como patrón de comparación con los resultados obtenidos al aplicar el método de Boehm y Turner y la propuesta lingüística 2-Tuplas a otro conjunto de 4 expertos con experiencia similar a los diez de los cuales se tomaron criterios como patrón.



El proceso de selección de metodologías de desarrollo de software

Las metodologías de desarrollo de software han emergido como enfoques en donde el desarrollo de software es realizado por medio de procedimientos, técnicas, herramientas y documentos auxiliares, aportando ventajas en la calidad del software. El objetivo fundamental es hacer más eficaz el proceso de desarrollo del software y obtener un producto de alta calidad de manera económica.

La selección de la metodología de desarrollo de software está asociada a múltiples factores relacionados con la organización y los proyectos, en lo cual, diversos criterios deben ser considerados en el análisis de la metodología a usar para el desarrollo de los proyectos. Para tratar este problema, en 2003 Barry Boehm & Richard Turner propusieron un método gráfico para la toma de decisión sobre el tipo de metodología a utilizar a partir de cuantificar a escalas ajustadas cinco criterios para la selección del tipo de metodología. Sin embargo, en los últimos años hay una creciente utilización de técnicas de *soft computing* en problemas de toma de decisiones relacionados con la gestión de proyectos, con el objetivo de explotar la tolerancia a la imprecisión, ambigüedad e incertidumbre de la información (Vilná, 2013), tales como: selección de personal (Arza Pérez, et. al., 2012), evaluación del impacto de la capacitación (Felix-Benjamín, et. al., 2015), análisis de factibilidad de proyectos de software (Peña A., et. al., 2016), selección del tipo de metodología de desarrollo de software (José, et. al., 2016), entre otros.

Método de Barry Boehm y Richard Turner

En la figura 1 se muestran los 5 criterios del método gráfico propuestos por Barry Boehm y Richard Turner para la toma de decisión sobre el tipo de metodología a utilizar para el desarrollo de un proyecto de software. En el se cuantifican en escalas ajustadas cinco variables (Boehm y Turner, 2003).

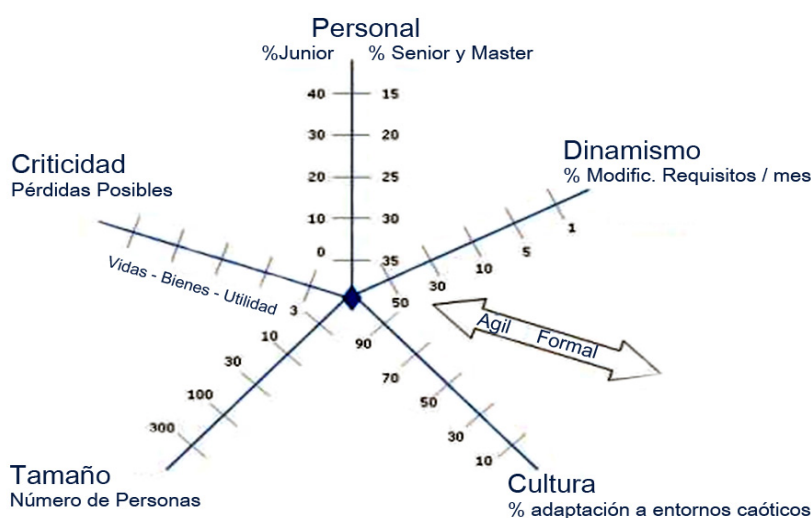


Figura 1: Diagrama propuesto por Barry Boehm y Richard Turner. Fuente: (Piñero, et. al., 2015).

A partir del diagrama propuesto por Boehm & Turner, se puede ver la falta de algunas variables determinantes (determinadas a partir de un análisis profundo de la bibliografía existente) a la hora de escoger la metodología de desarrollo de software, tales como (Barzanallana, 2007; Tinoco Gómez, et. al., 2010; Marin, 2014; Almeida, 2017):

- Características del cliente: no tiene en cuenta la distancia entre el equipo de desarrollo y el cliente, la calidad de comunicación con el cliente y disponibilidad de medios de comunicación.
- Tecnología disponible para el desarrollo: no tiene en cuenta el grado de integración tecnológica, la cantidad de herramientas, paquetes y hardware a instalar solicitado por el cliente.
- Presupuesto: no tiene en cuenta el costo del proyecto.
- Complejidad: no tiene en cuenta la posibilidad de reutilización de artefactos, la facilidad de instalación y la cantidad de esfuerzos necesario en el análisis, diseño y desarrollo del software.

Además de estas variables que pueden ser de alto valor en la toma de decisión sobre la metodología de desarrollo de software más adecuada para cada proyecto, el método de Boehm y Turner no tiene en cuenta la incertidumbre y la ambigüedad de los evaluadores en torno a los proyectos. De ahí que, al utilizar valores numéricos para la valoración de las variables, en el método de Boehm y Turner puede producirse pérdidas de información si no se dispone de información adecuada o bien definida sobre el contexto en análisis.

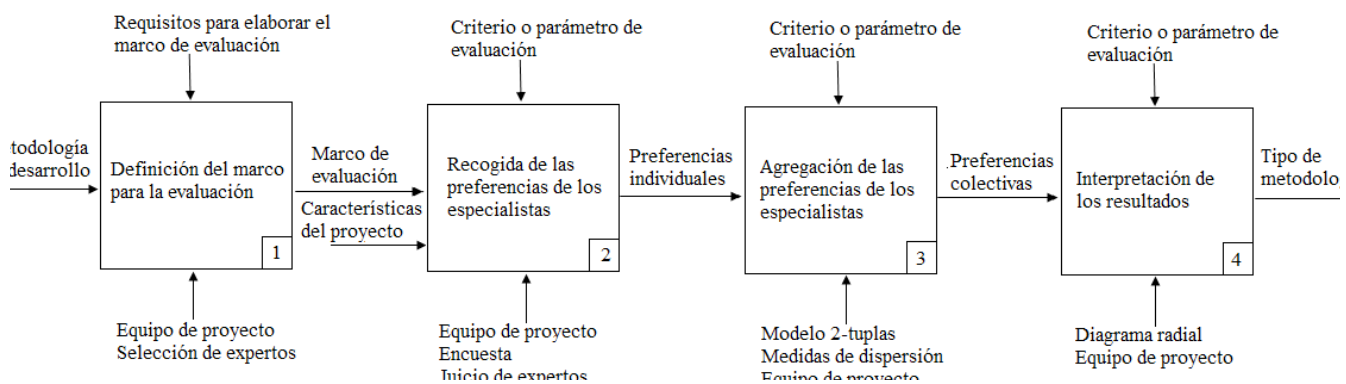


Figura 2: Esquema de las etapas del procedimiento propuesto.

En cada una de las etapas de la propuesta se llevan a cabo los pasos necesarios para su ejecución. A continuación se muestra los detalles de cada etapa:

Etapa I: Definición del marco para la evaluación.

En esta etapa, se definen los elementos necesarios que son utilizados para la realización del proceso de evaluación a través de los siguientes pasos:

Paso 1: Definición de los que participarán como evaluadores en el proceso de selección del tipo de metodología de desarrollo de software.

De los interesados del proyecto, se definen aquellos que cuentan con los conocimientos y habilidades para evaluar los criterios o variables que se utilizarán para la selección del tipo de metodología de desarrollo de software. Se identifican a los evaluadores como el conjunto, tal que n.

Se define las variables como el conjunto y sus respectivos indicadores, los cuales se tendrán en cuenta durante la valoración de las características del proyecto y su entorno (ver Tabla 1).

Tabla 1: Indicadores de análisis por criterio de evaluación.

Variables	Indicadores
Personal	Experiencia del personal en proyectos similares. Competencia del equipo de desarrollo. El grado de unidad del equipo.
Criticidad	Pérdidas de vidas. Pérdidas económicas. Pérdidas en bienes.
Tamaño	Número de personas en el entorno del equipo de desarrollo. Número de personas en el entorno del cliente. Alcance del proyecto.
Complejidad	Posibilidad de reutilización de artefactos. Facilidad de instalación. Cantidad de esfuerzos en el análisis, diseño y desarrollo.
Dinamismo	Grado de modificaciones de requisitos/mes. Nivel de conocimiento de los proveedores de requisitos. Grado de estabilidad legales y normativos de la organización.
Presupuesto	Costo del proyecto.
Cultura	Adaptación a los cambios. Grado de involucramiento de los interesados. Coherencia entre los roles.
Comunicación	Distancia entre el equipo de desarrollo y el cliente. Calidad de comunicación con el cliente. Disponibilidad de medios de comunicación.
Tecnología	Grado de integración tecnológica. Cantidad de herramientas, paquetes y hardware a instalar en el cliente.

El marco de valoración de las variables se basa en términos lingüísticos que se pueden diagramar de acuerdo a las características que representa cada variable sobre el tipo de metodología de desarrollo de software (ver Figura 3).

Los criterios del gráfico de la figura 3 sirven para decidir si se necesita una metodología ágil o una metodología tradicional. Mientras más cerca esté el área de los criterios valorados por los encuestados del centro del gráfico, más adecuado será utilizar una metodología ágil y mientras más lejos del centro, será más adecuada una metodología tradicional para el desarrollo del proyecto.

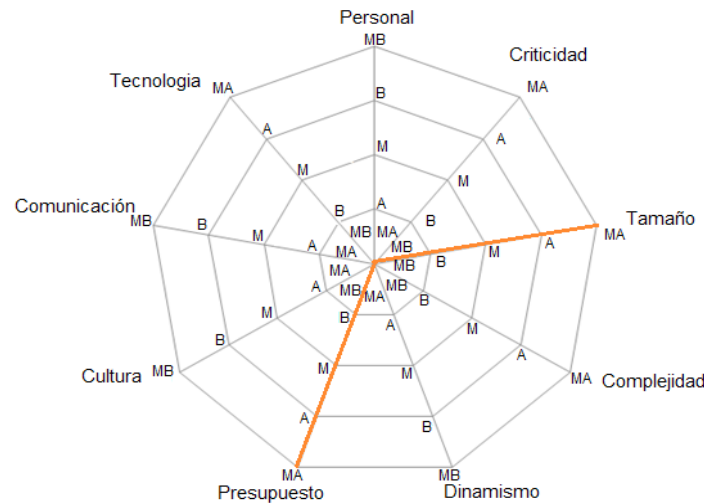


Figura 3: Criterios para evaluación y selección de metodologías.

Paso 3: Definición del CBTL (CONJUNTO BÁSICO DE TÉRMINOS LINGÜÍSTICOS)

Se define el CBTL como el conjunto , para que los evaluadores a través de ellos puedan expresar con facilidad su percepción y conocimientos sobre las características y el entorno en que esta inserido el proyecto.

Para que una fuente de información (expertos) pueda expresar con facilidad su información y/o conocimiento es necesario que se disponga de un conjunto apropiado de descriptores lingüísticos. Un aspecto muy importante de este conjunto es el número de etiquetas lingüísticas disponible para expresar la información, denominado la granularidad de la incertidumbre (Sánchez, 2007).

En esta investigación, se considera un conjunto de cinco términos lingüísticos = {Muy Bajo (MB); Bajo (B); Medio (M); Alto (A); Muy Alto (MA)} de los cuales se considera apropiado para la valoración de las variables propuestas.

Aplicando estos conceptos al conjunto de etiquetas lingüísticas definidos anteriormente, se obtiene una definición semántica como se muestra en la figura 4.

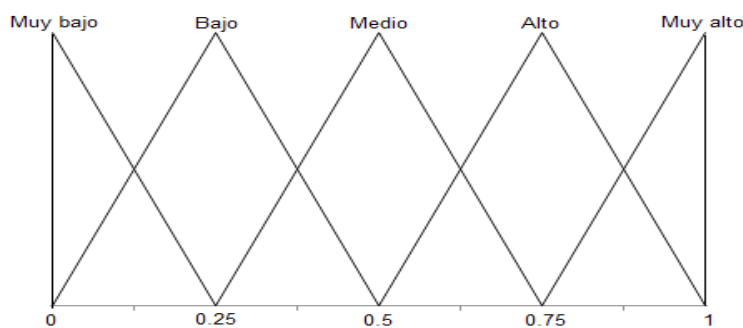


Figura 4: Conjunto básico de cinco términos lingüísticos uniformemente distribuidos.



A partir de la figura 4 se establece la siguiente función de pertenencia triangular asociada a cada elemento del conjunto S.

$$S_0 = (0, 0, 0.25); S_1 = (0, 0.25, 0.5); S_2 = (0.25, 0.5, 0.75); S_3 = (0.5, 0.75, 1); S_4 = (0.75, 1, 1)$$

Paso 4: Se especifica toda la información en una tabla de preferencias de los evaluadores.

Se define el vector de utilidades para expresar las preferencias de los evaluadores sobre el proyecto. Donde representa la preferencia del evaluador sobre el criterio (verTabla 2).

Tabla 2: Preferencias de los evaluadores.

Criterio	Expertos		
	e_1	...	e_n
c_1	x_1^{11}	...	x_1^{1n}
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
c_p	x_p^{p1}	...	x_p^{pn}

Etapa II: Recogida de las preferencias de los especialistas

Para la recogida de las preferencias se elaboró un conjunto de preguntas cerradas para cada criterio de evaluación definidos en las que se le solicita al evaluador que emita su valoración utilizando la escala CBTL mencionada anteriormente (ver Figura 4).

Al emitir sus preferencias, los evaluadores deben tener en cuenta los indicadores propuestos para cada variable o criterio de evaluación (ver Tabla 6). Se recomienda que se explique a los evaluadores en qué consiste el método de evaluación y el objetivo de su aplicación.

Etapa III: Agregación de las preferencias de los especialistas

Paso 1: Transformación de las preferencias de los expertos a 2-Tuplas lingüísticas

El modelo de representación lingüístico 2-Tuplas se basa en el concepto de traslación simbólica (Martínez y Herrera, 2012). En este modelo, la información lingüística se representa mediante un par de valores (s_i, a) denominados 2-Tuplas, siendo s_i un término lingüístico, y a un número que representa la traslación simbólica.

Este modelo de representación lingüística de la información es soportado por un modelo computacional basado en las funciones de transformación Δ y Δ^{-1} , que transforman valores numéricos en 2-Tuplas y viceversa sin pérdida de información (Estrada Velazco, 2015).



Tomando a $s = \{s_0; \dots; s_g\}$ como un conjunto de términos lingüísticos y $\beta \in [0, g]$ un valor en el intervalo de granularidad de S . La translación simbólica de un término lingüístico s_i es un número valorado en el intervalo $[-0.5, 0.5)$ que representa la “diferencia de información” entre una cantidad de información expresada por el valor $\beta \in [0, g]$ obtenido en una operación simbólica y el valor entero más próximo $i \in [0, g]$ que indica el índice de la etiqueta lingüística (s_i) más cercana en (Estrada Velazco, 2015). Si $\beta \in [0, g]$ es un valor obtenido de una operación simbólica, la 2-Tuplas que expresa la información equivalente a β se obtiene como:

$$\Delta: [0, g] \rightarrow S \times [-0.5, 0.5) \quad \Delta(\beta) = (s_i, \alpha), \text{ Con } \begin{cases} s_i, & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = & \beta - i \end{cases} \quad (1)$$

Donde: es el operador usual de redondeo, s_i es la etiqueta con índice más cercano a β y α es el valor de la translación simbólica.

Se debe tener en cuenta que Δ es biyectiva y $\Delta^{-1}: S \times [-0.5, 0.5) \rightarrow [0, g]$ es definida por $\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha = \beta$ (2)

El resultado de una operación de agregación debe de ser consistente con la representación de los valores de entrada, lo que significa que el resultado de la agregación de 2-Tuplas debe ser una 2-Tuplas.

En esta etapa se transforman todas las preferencias de los evaluadores a un término lingüístico 2-Tuplas. Considerándose que todos los criterios son emitidos sobre un mismo conjunto de etiquetas lingüísticas, la transformación de las preferencias se realiza de forma directa, asumiendo que la translación simbólica del valor otorgado es igual a cero (Cervantes Rodón, 2015). De esa manera, la 2-Tuplas lingüísticas de s_i queda como $(s_i, 0)$, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Conversión de las preferencias a 2-Tuplas lingüísticas.

Preferencias lingüísticas	Transformación a 2-Tuplas lingüísticas
MB	(MB,0)
B	(B,0)
M	(M,0)
A	(A,0)
MA	(MA,0)

Como resultado de este paso se obtiene una tabla con todas las preferencias de los evaluadores transformadas a 2-Tuplas lingüísticas (ver Tabla 4).

T



Este contenido se publica bajo licencia CC-BY 4.0



Tabla 4: Preferencias de los evaluadores en 2-Tuplas lingüísticas.

Criterio	Expertos		
	e_1	...	e_n
c_1	$(s_i, \alpha_i)_1^{11}$	...	$(s_i, \alpha_i)_1^{1n}$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
c_p	$(s_i \alpha_i)_p^{p1}$	...	$(s_i \alpha_i)_p^{pn}$

Paso 2: Agregación según el modelo lingüístico 2-Tuplas

En este paso se pretende simplificar la información de las preferencias lingüísticas, obteniendo valoraciones colectivas de cada variable que exprese la información de las preferencias unificadas en 2-Tuplas lingüística, y de esta forma, facilitar el análisis y la toma de decisiones sobre el tipo de metodología a escoger. La agregación se realiza utilizando el operador de media aritmética ($\bar{\cdot}$):

$$\bar{x}^\varepsilon(x) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta^{-1}((s_i, \alpha_i)) \right) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i \right), \text{ con } \beta_i = \Delta^{-1}((s_i, \alpha_i)) \quad (3)$$

Como resultado del proceso de agregación se obtiene una tabla con los valores colectivos de cada criterio de evaluación (ver Tabla 5).

Tabla 5: Valores colectivos para cada criterio de evaluación.

Criterio	Expertos			Valor colectivo por criterio
	e_1	...	e_n	
c_1	$(s_i, \alpha_i)_1^{11}$	...	$(s_i, \alpha_i)_1^{1n}$	Y_1
.
.
.
c_p	$(s_i \alpha_i)_p^{p1}$	...	$(s_i \alpha_i)_p^{pn}$	Y_p

Etapa IV: Interpretación de los resultados

A partir de los valores colectivos para cada criterio de evaluación obtenidos en los pasos de la agregación, se procede a su diagramación y análisis utilizando el diagrama radial (ver Figura 2) y finalmente la toma de decisiones. Para la representación gráfica que facilita el análisis de los resultados, se puede igualar las 2-Tuplas lingüística obtenidos en la etapa de la agregación a un número correspondiente en el intervalo de 0 a 1, resultando en: criterios ascendentes: MB=0; B=0,25; M=0,5; A=0,75; MA=1 y criterios descendentes: MB=1; B=0,75; M=0,5; A=0,25; MA=0.



Tomando en cuenta las etiquetas lingüísticas y sus respectivas translaciones de cada par2-Tuplas, se estima el radio de cada criterio en el diagrama radial y se calculan las aéreas parciales de los triángulos formados por cada par de criterios (ver Figura5). De esa forma se obtiene el área total del diagrama sumando las áreas parciales.

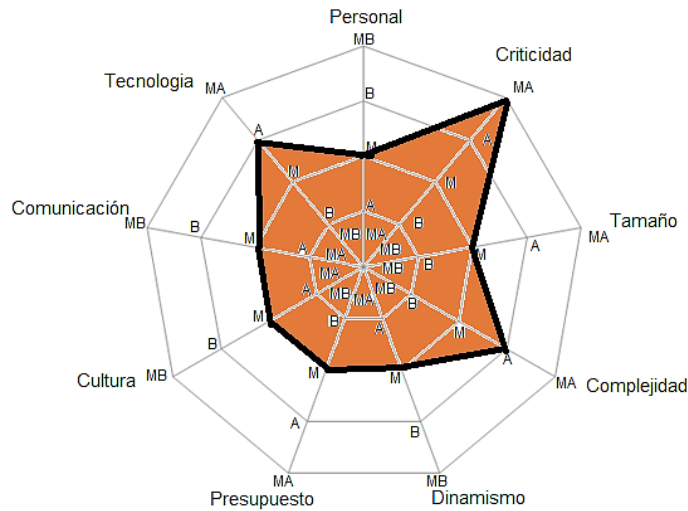


Figura 5: Ejemplo de área limitada por ciertos valores obtenidos a partir del radio de cada criterio.

Resultados y discusión

Análisis comparativo entre el método de Barry Boehm y Richard Turner y la propuesta lingüística 2-Tuplas

Para hacer un análisis de la validez de la propuesta lingüística 2-Tuplas, el método de Boehm y Turner se compararon con el criterio de expertos, el cual sirvió como patrón. Se tomó de una base de datos de 14 proyectos y, a partir de los valores colectivos para cada criterio de evaluación obtenidos en los pasos de la agregación, se realizaron los diagramas radiales para cada proyecto. Los diagramas se normalizaron y se logró una escala estandarizada para cada uno con criterios independientes. Esto permitió calcular las áreas de cada uno de ellos y establecer el coeficiente de equivalencia, para obtener el área normalizada de cada proyecto. A partir de los resultados obtenidos se determinó la desviación que tenía cada método respecto al criterio de expertos, la cual se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Resultados de las desviaciones obtenidas por las áreas del método Boehm y Turner, y la propuesta lingüística 2-Tuplas respecto a las obtenidas por criterios de expertos.

Proyecto	Área obtenida por Boehm y Turner	Coficiente de equivalencia de las áreas	Área obtenida por Boehm y Turner equivalente	Área obtenida por Lingüístico 2-Tuplas	Área obtenida por criterios de expertos	Desviación obtenida por Boehm y Turner	Desviación obtenida por Lingüístico 2-Tuplas
P1	0,41	1,21	0,50	0,59	0,0	0,50	0,59
P2	0,36	1,21	0,44	0,21	0,0	0,44	0,21
P3	0,56	1,21	0,68	0,47	0,0	0,68	0,47
P4	0,60	1,21	0,73	0,43	0,0	0,73	0,43
P5	0,68	1,21	0,82	0,51	2,9	2,08	2,39
P6	0,33	1,21	0,40	0,44	0,0	0,40	0,44
P7	0,36	1,21	0,44	0,44	0,0	0,44	0,44
P8	0,96	1,21	1,16	0,65	0,0	1,16	0,65
P9	0,72	1,21	0,87	0,55	0,0	0,87	0,55
P10	0,52	1,21	0,63	0,4	0,0	0,63	0,40
P11	0,65	1,21	0,79	0,72	0,0	0,79	0,72
P12	0,98	1,21	1,19	0,81	0,0	1,19	0,81
P13	0,84	1,21	1,02	1,35	2,9	1,88	1,55
P14	0,70	1,21	0,85	1,32	2,9	2,05	1,58

La figura 6 muestra el porcentaje de coincidencia de la propuesta lingüística 2-Tuplas y el método de Boehm y Turner con el criterio dado por los expertos sobre los proyectos de la base de datos empleada.

Comparando estos dos procedimientos (Figura 6), se observa que, al aplicar la propuesta lingüística 2-Tuplas a los 14 proyectos de la base de datos, el 64,29 % de los resultados coinciden con los obtenidos de los criterios dados por los expertos, en cambio, con la aplicación del método de Boehm y Turner, se obtiene que, solo el 28,57 % de los resultados coinciden con los obtenidos de los criterios dados por los expertos. En uno de los proyectos de la base de datos el resultado obtenido es el mismo para ambos procedimientos, lo cual representa 7,14 % de del total de proyectos de la base de datos. Esto muestra la validez de la propuesta lingüística 2-Tuplas.

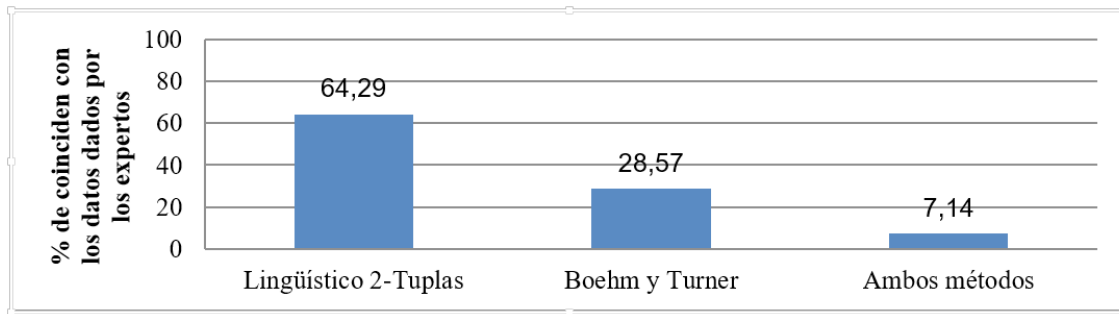


Figura 6: % de coincidencias de los procedimientos con el criterio dado por los expertos.

Se determinó la desviación estándar, esta resultó ser 1,5 para el caso de Boehm y Turner y 1 para el caso de la propuesta lingüística 2-Tuplas. Esto quiere decir que el margen de errores cometidos en el caso de la propuesta lingüística 2-Tuplas está por debajo del cometido con el uso del método de Boehm y Turner.

Conclusiones

El método propuesto por Boehm y Turner no tiene en cuenta la ambigüedad y la incertidumbre en los criterios dados por los expertos, las características del cliente, la tecnología disponible para el desarrollo, el presupuesto y la complejidad.

El procedimiento empleando la propuesta lingüística 2-tuplas, a diferencia de los propuestos por otros autores, tiene en cuenta la incertidumbre en los criterios de los decisores.

La aplicación del método de Boehm y Turner, y la propuesta lingüística 2-Tuplas a una base de datos de proyectos y su comparación con los criterios dados por los expertos, demostró que la propuesta lingüística 2-Tuplas es más apropiada para la selección del tipo de metodología, siempre que se empleen los criterios propuestos para la diagramación.

Recomendaciones

Aplicar la propuesta lingüística 2-Tuplas como forma de mejorar el proceso de selección de metodologías ágiles o tradicionales de manera que contribuya a agilizar el proceso de toma de decisiones durante el proceso de desarrollo de software en situaciones de incertidumbres.

Referencias

Almeida, G. Factores de escolha entre metodologias de desenvolvimento de software tradicionais e ágeis. Trabalho para obtenção do título de Mestre em Ciências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017.

Barzanallana, Rafael. Metodologías usadas en ingeniería del software. Departamento Informática y Sistemas, Universidad de Murcia. 2007. Consultado en: Mayo de 2017. Disponible en: <http://www>.



um.es/docencia/barzana/IAGP/Iagp3.html#BM2.

Boehm, B. y Turner, R. *Balancing Agility and Discipline: A Guide for the Perplexed*. Addison Wesley, 2003. 304.

Velázquez, M; et. al. L. Aplicando el método de Boehm y Turner. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2012. Vol.5.

Cervantes Rodón, D. Método de evaluación de composición de equipos de proyectos de desarrollo de software. Trabajo para optar el grado de Master en Gestión de Proyectos Informáticos, Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, 2015.

Estrada Velazco, A. Método de análisis cualitativo de riesgos con información heterogénea basado en el Modelo de Representación Lingüística 2-Tuplas. Trabajo para optar por el grado de Master en Gestión de Proyectos Informáticos, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, 2015.

Felix-Benjamín, Gerardo, et. al. Aplicación de la computación con palabras en la evaluación del impacto de la capacitación. *Dyna*, 2015, Vol. 82: p. 39-48.

Gadze, Jorge. Incertidumbre y Riesgos: conceptos básicos. 2017. Consultado en: abril de 2018. Disponible en:<http://cvpro.com.ar/incertidumbre-y-riesgos-conceptos-basicos/>.

García Rodríguez, M. J. Estudio comparativo entre las metodologías ágiles y las metodologías tradicionales para la gestión de proyectos. Trabajo para optar por el grado de Master en Gestión de Proyectos, Universidad de Oviedo, 2015.

Hastie, Shane; Wojewoda, Stéphane. Standish Group 2015 Chaos Report. 2015. Consultado en: junio de 2017. Disponible en: <https://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015>.

José, Crespo B., et. al. Elección entre una metodología ágil y tradicional basado en técnicas de soft computing. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas (RCCI)*, 2016, Vol. 10, Especial UCIENCIA: p. 145-158.

Lanzarini, Laura; et al. Técnicas de Soft Computing aplicadas a Biometría, Predicción y Ruteo de Vehículos. En: XV Workshop de investigación en ciencias de la computación. Parana, 2013, 930– 934.

Marin, F., et al. Formulación de criterios para la selección de metodologías de desarrollo de software. Universidad Tecnológica de Pereira. 2014. Consultado en: Mayo de 2017. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5120/00512F634.pdf?sequence>.

Martínez M., F. Jesús. Modelo lingüístico difuso para problemas de evaluación con información heterogénea considerando la posible dependencia entre criterios. Aplicación a la evaluación del desempeño integral. Universidad de Jaén. España, 2015. 161.

Martínez, L. y Herrera, F. An overview on the 2-Tuple linguistic model for computing with words in decision making: Extensions, applications and challenges. *Information Sciences*, 2012. Vol 207: p. 1-18.

Martínez, L.; Ruan, D. y Herrera, F. Computing with Words in Decision support Systems: An overview on Models and Applications. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 2010, Vol. 3: p. 382-395.

Peña Abreu, M., et. al. Computación con palabras para el análisis de factibilidad de proyectos de software. *Revista Tecnura*, 2016. Vol. 20: p. 69-84.

Pérez, Lizandra Arza, et. al. El empleo de métodos de toma de decisión y técnicas de soft computing en la selección de personal. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas (RCCI)*, 2012. Vol. 6: p. 2227-1899.



- Piñero, P.; et. al. Metodologías ágiles y formales o robustas. Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, 2015.
- Sánchez, P. J. Modelo para la combinación de preferencias en toma de decisiones: herramientas y aplicaciones. Trabajo para optar el grado de Doctor en Informática, Universidad de Granada. 2007.
- Santiago, Z. C.; et. al. Uses of Linguistic Representation Model Info 2-tuples with information multigranular. Recent Advances In Telecommunications, Informatics And Educational Technologies, 2014, p. 60-68.
- Stoica, M.; et. al. Software Development: Agile vs. Traditiona. Informatica Economică, DOI: 10.12948/issn14531305/17.4. 2013.06, 2013, Vol. 17: p. 64-76.
- Tinoco Gómez, O., et al. Criterios de selección de metodologías de desarrollo de software. UNMSM. 2010, Vol. 13, Consultado el: enero de 2017] 70-74 p. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v13i2.6191>
- Vilná, Eva. Introduction to Soft Computing. Bookboon, 2013. 137.
- Zadeh, Lotfi. From computing with numbers to computing with words — From manipulation of measurements to manipulation of perceptions, Int. J. Appl. Math. Comput. Sci, 2002, Vol. 12: p. 307–324.

