



UNIVERSIDAD
DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS
LABORATORIO DE GESTIÓN DE PROYECTOS INFORMÁTICOS

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE CAMBIOS DURANTE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

**Trabajo final presentado en opción al título de
Máster en Gestión de Proyectos Informáticos**

AUTOR: Ing. Rosa María Renté Labrada

TUTOR: DrC. Roberto Delgado Victore

La Habana, 2019

Al Dr.C Pedro Piñero por su ayuda, motivación y exigencia en cada fase para lograr cada resultado. Al tutor Dr.C Roberto Delgado Victore, por su apoyo para lograr concluir con esta nueva etapa de formación. Al equipo de profesores que aportaron a mi formación y en especial a los que contribuyeron a enriquecer este resultado: Dr.C Pascual Verdecia, MsC. Iliana Pérez, Dr.C Francisco A. Cano, Ing. Daysi Oropesa, y Dr.C Armando Pérez.

A mis padres.

A mi querida hija y mi esposo.

A mi familia.

A mis amigos.

A todos los que fueron parte del esfuerzo realizado para lograr alcanzar esta meta.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro por este medio que yo Ing. Rosa María Renté Labrada, con carné de identidad 84041423291, soy la autora principal del trabajo final de maestría Evaluación del impacto de cambios durante la gestión de proyectos, desarrollado como parte de la Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos y autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio, así como sus derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Para que así conste, firmo la presente declaración jurada de autoría en La Habana a los ____ días del mes de febrero del año 2020.

Nombre y Firma

RESUMEN

Para lograr el éxito del proyecto es preciso que los cambios que surjan sean correctamente evaluados. La evaluación acertada del impacto de las solicitudes de cambios debe ser guiada por un método, procedimiento o guía. Un estudio realizado a diferentes proyectos evidenció que los métodos y técnicas aplicadas no tienen en cuenta las condiciones específicas de cada proyecto, no pueden ser utilizadas en todas las etapas del desarrollo del *software* ni tienen en cuenta el criterio de varios expertos, lo cual incide negativamente en la toma de decisiones, provocando retrasos, elevando los costes y el alcance de los mismos. En la presente investigación se plantea como objetivo elaborar un método para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, considerando el criterio de varios expertos, sus características específicas y que permita disminuir la incertidumbre en la toma de decisiones. Para cumplir con este objetivo se hace un estudio de las técnicas para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, del modelo de 2-tuplas lingüísticas, así como el tratamiento de la incertidumbre y análisis de decisiones. La propuesta de solución fue aplicada en varios proyectos y obteniéndose el impacto de los cambios. La evaluación del impacto de las solicitudes de cambios permite disminuir la incertidumbre, al tomar decisiones sobre si es factible o no llevar a cabo dichos cambios, incidir en el éxito del proyecto y evaluar las afectaciones de tiempo, alcance, costo y calidad.

Palabras claves: impacto de cambios, solicitudes de cambios, evaluación de los cambios, computación con palabras.

ABSTRACT

To achieve the success of the project it is necessary that the changes that arise be correctly evaluated. The correct evaluation of change requests must be guided by a method, process or procedure. A study carried out on different projects showed that the methods and techniques applied do not have in the account the specific conditions of each project, they are not used at all stages of software development, nor do they have the criteria of several experts in the account, which It has a negative impact on decision making, causing delays, raising costs and the scope of them. It is a research objective. A method for evaluation. The impact. The experience. The results. This includes a study of the techniques for evaluation, impact, change requests, the 2-linguistic method, as well as the treatment of uncertainty in decision making. The solution proposal was applied and the impact of the evaluated change requests was obtained. The evaluation of the impact of requests for changes allows to reduce uncertainty, decisions on the feasibility or not to carry out changes in the same direction, impact on the success of the project and evaluate the impact of time, scope, cost and quality.

Keywords: impact of changes, requests for changes, evaluation of changes, word computing

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
ÍNDICE	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	19
1.1 Introducción	19
1.2 Resumen bibliográfico	19
1.3 Análisis de impacto de cambios en proyectos de <i>software</i>	20
1.4 Análisis de impacto de cambios en escuelas de gestión de proyectos	23
1.4.1 Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK)	23
1.4.2 Modelo Integrado de la Capacidad de Madurez (CMMI)	24
1.4.3 Proyectos en Entornos Controlados (PRINCE2)	24
1.4.4 Organización Internacional de Normalización (ISO)	25
1.4.5 Normas Cubanas para la gestión de proyectos (NC)	26
1.4.6 Modelo de Proceso para la Industria del Software (Moprosoft)	26
1.4.7 Mejora del Proceso de Software Brasileiro (MPS.BR)	27
1.4.8 Programa de Mejora de la UCI	29
1.5 Técnicas para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios	30
1.6 Indicadores en la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios	33
1.7 Problema de toma de decisiones (TD)	35
1.8 Caracterización de los problemas de toma de decisión	35
1.9 Evaluación del impacto de cambios como un problema de toma de decisión	38
1.10 Lógica difusa	38
1.11 Tipos de funciones de pertenencia	39
1.12 Computación con palabras	40
1.13 Modelo computacional en el enfoque lingüístico 2-tuplas	40
1.14 Conclusiones del capítulo	42
CAPÍTULO 2. MÉTODO PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO DE	43

SOLICITUDES DE CAMBIOS.....	43
2.1 Introducción.....	43
2.2 Evaluación del impacto de solicitudes cambios en proyectos de la UCI.....	43
2.2.1 Definición de indicadores para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios..	46
2.2.2 Descripción.....	52
2.2.3 Objetivo del método propuesto	52
2.2.4 Etapa dentro de la gestión de proyectos que interviene.....	52
2.2.5 Artefactos de entrada del método.....	52
2.2.6 Actores que intervienen.....	52
2.2.7 Estructura del proceso evaluación del impacto de cambios	53
2.2.8 Descripción del proceso para evaluar el impacto de cambios.....	53
2.2.9 Determinar el peso ponderado de los criterios para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios	55
2.2.1 Modelo de evaluación Lingüística 2-tupla	56
2.3 Conclusiones del capítulo	60
CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DEL MÉTODO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	61
3.1 Introducción	61
3.2 Aplicación de la propuesta a un caso de estudio.....	61
3.2.1 Valoración social y económica	73
3.2.2 Valoración de sustentabilidad de la solución propuesta	74
3.3 Conclusiones del capítulo	74
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES.....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estudio de técnicas para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios.....	32
Figura 2. Caracterización de los problemas de toma de decisión	35
Figura 3. Tipos de funciones de pertinencia. Fuente: Tomado de [32].	39
Figura 4. Evaluación de criterios sobre recursos humanos. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 5. Evaluación de criterios sobre Alcance. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 6. Evaluación de criterios sobre Integración. Fuente: Elaboración propia	49
Figura 7. Evaluación de criterios sobre Tiempo. Fuente: Elaboración propia.	49
Figura 8. Evaluación de criterios sobre Costes. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 9. Evaluación de criterios sobre Interesados. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 10. Evaluación de criterios sobre Gestión de adquisiciones. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 11. Evaluación de criterios sobre Riesgos. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 12. Proceso para la evaluación del impacto de cambios. Fuente: Elaboración propia.	53
Figura 13. Unificación en valores lingüísticos. Tomado de [56].	56
Figura 14. Términos lingüísticos utilizadas por los expertos. Fuente. Elaboración propia.....	64
Figura 15. Evaluación de los expertos para los indicadores de validación. Fuente. Elaboración propia....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de las variables de la investigación. Fuente: Elaboración propia.....	13
Tabla 2. Resumen cuantitativo de la bibliografía consultada. Fuente: Elaboración propia.	19
Tabla 3. Resumen de las escuelas de gestión de proyectos. Fuente: Elaboración propia.....	29
Tabla 4. Estudio de la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en proyectos. Fuente: Elaboración propia.....	44
Tabla 5. Resumen sobre resultados de la encuesta aplicada. Fuente: Elaboración propia.....	47
Tabla 6. Competencias de los actores. Fuente: Elaboración propia.....	52
Tabla 7. Criterios con pesos ponderados. Fuente: Elaboración propia.	55
Tabla 8. Preferencias emitidas por los expertos.....	57
Tabla 9. Preferencias unificadas en 2-tuplas lingüísticas.....	58
Tabla 10. Valores colectivos para cada solicitud de cambio.....	59
Tabla 11. Criterio para la evaluación del impacto de cambios ponderado. Fuente: Elaboración propia...62	
Tabla 12. Evaluaciones expresadas por los expertos para cada uno de los indicadores. Fuente: Elaboración propia.....	63
Tabla 13. Evaluaciones de los expertos transformadas a la representación lingüística 2-tuplas. Fuente: Elaboración propia.....	64
Tabla 14. Agregación de los criterios. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 15. Evaluación dinámica del método Proyecto 1, Fase Implementación. Fuente: Elaboración propia.	68
Tabla 16. Evaluación dinámica del método Proyecto 2 Fase Inicio. Fuente: Elaboración propia.	68
Tabla 17. Evaluación dinámica del método Proyecto 2 Fase Implementación. Fuente: Elaboración propia.	68
Tabla 18. Resumen de las evaluaciones dinámicas en cada proyecto. Fuente: Elaboración propia.....	69
Tabla 19. Homologación con modelos y escuelas de gestión de proyectos. Fuente: Elaboración propia.	69
Tabla 20. Costo estimado de la aplicación del método propuesto. Fuente: Elaboración propia.....	73
Tabla 21. Resumen del estudio de técnicas de evaluación de solicitudes de cambios. Fuente: Elaboración propia.....	85
Tabla 22. Competencia de los expertos.....	88
Tabla 23. Evaluación de los expertos para la selección de criterios.....	90

Tabla 24. Preferencias de los expertos para evaluación dinámica.	91
Tabla 25. Unificación de valores.	93
Tabla 26. Coeficiente de competencia de los expertos. Fuente: Elaboración propia.	95
Tabla 27. Cálculo del coeficiente de conocimientos para los expertos. Fuente: Elaboración propia.	96
Tabla 28. Escala de argumentación de los expertos. Fuente: Elaboración propia.	97
Tabla 29. Matriz de coeficientes de argumentación por experto. Fuente: Elaboración propia.	98
Tabla 30. Nivel de competencia de los expertos. Fuente: Elaboración propia.	99
Tabla 31. Cuestionario dirigido a expertos. Fuente: Elaboración propia.	100
Tabla 32. Cálculo del coeficiente de concordancia de los expertos. Fuente: Elaboración propia.	101

INTRODUCCIÓN

La gestión por proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los factores de éxito del mismo. Es aplicada en disímiles campos de la actividad humana donde la aplicación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones se hace imprescindible. Existen proyectos de investigación, proyectos de inversiones, proyectos comunitarios, proyectos de construcción, proyectos para el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, proyectos sociales, proyectos orientados a campañas de comunicación, entre muchos otros [1] [2][3][4][5][6][7] [8][9], los cuales deben de estar estratégicamente alineados a la misión y visión de su empresa.

La gestión de proyectos se logra mediante la aplicación e integración adecuada de procesos agrupados, que conforman los grupos de procesos de Inicio, Planificación, Ejecución, Seguimiento y Control y Cierre. La gestión de cambios, cuando no se controla adecuadamente, en el marco viable del estudio de factibilidad, según el análisis de sensibilidad y el alcance, genera nuevos riesgos que inciden en el incremento del costo y del tiempo del proyecto. La calidad del proceso de Iniciación regula los cambios en el ciclo de desarrollo del proyecto, recogidos en el control de versiones del Contrato y sus Suplementos. Un proyecto es sensible con respecto a un parámetro en particular, si una pequeña variación del valor que se estimó, para calcular los beneficios hace que cambie la decisión con respecto a la conveniencia del proyecto. Para este caso, si el cambio provoca un cambio en los valores de los parámetros por encima de los estimados, es necesario tomar una decisión acertada en qué se puede hacer.

De acuerdo al informe del *Chaos Report 2015 brindado por el Standish Group* [10], el porcentaje de proyectos de *software* exitosos es solo de un 16.2%, un 31.1% de proyectos cancelados y un 52.7% concluidos por encima de los costos y tiempos estimados y con niveles de funcionalidad por debajo de las especificaciones originales. Estas cifras se han mantenido con poca variación desde el 1995 y los factores que lo determinan son principalmente el incremento de la complejidad, la poca madurez de los equipos de proyectos, falta de conocimientos y habilidades de los profesionales del *software*, el poco involucramiento de los usuarios y ejecutivos, entre otros aspectos [10]. Para este análisis de los proyectos el *Standish Group* utilizó una nueva definición de factores de éxito que incluye: a tiempo, dentro del presupuesto, con un resultado satisfactorio [10] lo que hace imprescindible el análisis detallado del impacto de un cambio y eludir afectaciones en el éxito del proyecto.

El *Project Management Institute* en su libro el *PMBOK* [11], define la solicitud de cambios como una propuesta formal para modificar cualquier documento, entregable o línea base, que no sólo tratan los

requisitos nuevos o modificados, sino también los fallos y los defectos en los productos de trabajo. Las solicitudes de cambio se analizan para determinar el impacto que tendrá el cambio en el producto de trabajo, en los productos de trabajo relacionados, en el presupuesto y en el calendario. Si las solicitudes de cambios impactan la línea base del proyecto normalmente deberían incluir información sobre el costo de implementar los cambios. El marco de variaciones de las órdenes de cambio debe estar previsto en los Contratos, con el propósito de regular el alcance, el incremento de los costos fijos y su relación con el estudio de factibilidad. Las órdenes de cambio que implican modificaciones, incrementos de costos y tiempo, con sus correspondientes riesgos se recogen en los suplementos a los contratos.

El desarrollo de proyectos de *software* es un proceso dinámico por lo que, sin importar su tamaño o complejidad, usualmente existe la necesidad de hacer modificaciones. Estas propuestas de cambios constituyen una de las causas por las que ocurren afectaciones en las restricciones de alcance, tiempo, costo y calidad establecida para el proyecto, incidiendo directamente sobre el éxito del mismo.

La evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, en lo adelante (*EIC*), es una actividad vital para lograr el éxito del proyecto. Identificar las consecuencias de los cambios (adición, eliminación y modificación) y el impacto que esto pudiera tener en el alcance, tiempo, costo y planificación del proyecto es de vital importancia para lograr el éxito.

Aunque los requisitos iniciales estén bien documentados, pueden producirse cambios durante el ciclo de vida del *software*. La *EIC* proporciona visibilidad del efecto potencial de estos antes de que sean implementados. La capacidad de evaluar su repercusión en el proyecto posibilitará a la gerencia determinar las acciones apropiadas a tomar con respecto a la decisión de cambio, los planes de cronograma, el costo y las estimaciones de recursos [12].

Durante el proceso de observación participante, dentro del marco de la Universidad de Ciencias Informáticas, en proyectos de los Centro de Desarrollo de Software, se pudo constatar que existen dificultades para evaluar el impacto de los cambios en los proyectos:

- Se carece de un método para evaluar el impacto de una solicitud de cambio del *software*, creando incertidumbre al tomar decisiones sobre aceptar o rechazar una solicitud de cambio.
- Estimaciones no reales, lo que afecta el alcance, costo, tiempo y calidad del proyecto.
- No se toman en consideración las condiciones del proyecto y la experiencia de los expertos, por lo que la solicitud de cambio puede ser incompleta, imprecisa y ambigua, incidiendo en la toma de decisiones.

Para contribuir a la implantación de un modelo de desarrollo tecnológico y apoyar el análisis de decisiones a diferentes niveles utiliza la Suite de Gestión de Proyectos (*GESPRO*), desarrollado por el laboratorio de

Investigaciones en Gestión de Proyectos de la UCI, implantado en la red de centros productivos como solución integral para la gestión de los proyectos. Esta herramienta está orientada a la coordinación, seguimiento de las tareas y a la comunicación entre los participantes del proyecto. En dicho sistema existen limitaciones en cuanto a la evaluación que tiene una solicitud de cambio en el proyecto.

Para conocer el estado actual de la evaluación del impacto de los cambios en los proyectos, se realizó una entrevista a directivos, líderes de proyectos y analistas principales de los distintos centros de desarrollo de la UCI. El problema identificado relacionado con la gestión de los cambios refleja que:

- No se aplica un método que permita evaluar cuantitativamente o cualitativamente el impacto de realizar cambios en el proyecto, efectuando análisis empíricos por parte de los expertos, por lo que la decisión de aceptar o rechazar una petición de cambio crea un ambiente de incertidumbre.
- No están definidos los indicadores que repercuten al llevar a cabo cambios en el *software*, lo cual incide negativamente en el análisis de decisiones al aceptar o rechazar un cambio, provocando retrasos en los proyectos y afectado los factores críticos de éxito del proyecto.
- No se analizan las condiciones de cada equipo de proyecto, que incluya no solo factores técnicos sino otros como recursos humanos, lo cual repercute en los factores de éxito del proyecto.
- No se tiene en cuenta el criterio de varios expertos sobre los diferentes indicadores que inciden en el efecto de los cambios, por lo cual afecta la toma de decisiones.

A partir de lo anterior se puede identificar el siguiente problema a resolver: ¿Cómo realizar la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en proyectos de *software*, teniendo en cuenta la incertidumbre en los criterios emitidos por los expertos, para contribuir a la toma de decisiones?

Para resolver la problemática se plantea como objetivo general de la investigación: Contribuir a la toma de decisiones en proyectos de *software*, a través de un método para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, teniendo en cuenta la incertidumbre en los criterios emitidos por los expertos.

Como objeto de estudio se precisa el impacto de cambios en el *software*.

El campo de acción se enmarca en la evaluación del impacto de cambios en el *software*.

Objetivos específicos:

- Elaborar el marco teórico referencial relacionado con el impacto de los cambios, y que caracterice el estado actual las investigaciones sobre la evaluación del impacto de cambios en el *software*.
- Definir el método para evaluar el impacto de los cambios, a partir de las condiciones del proyecto y experiencias de los expertos, apoyado en la computación con palabras.

- Validar el método propuesto a partir de su aplicación en el caso de estudio y realizando el análisis de sus resultados.

La investigación realizada es de tipo descriptiva. Se realiza una descripción de las técnicas para la evaluación de impacto de las solicitudes de cambios, así como las tendencias actuales. Se presenta un método para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios a partir de indicadores definidos durante la investigación para mejorar el tratamiento de la incertidumbre en la toma de decisiones en los proyectos. La importancia de la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios para la gestión de los proyectos y las limitaciones de los métodos existentes para llevar a cabo este proceso, motivaron la siguiente hipótesis para esta investigación:

La propuesta de un método para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en el *software* mejorará el tratamiento de la incertidumbre en la toma de decisiones, utilizando criterios evaluados por varios expertos.

Definición de variables:

Variable independiente (VI): evaluación del impacto de cambios.

Variables dependientes (VD): la toma de decisiones.

Operacionalización de las variables

Tabla 1. Análisis de las variables de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Variable independiente	Dimensión	Indicador	Índice
método para la evaluación del impacto de cambios, basado en computación con palabras	Calidad de la propuesta	Complejidad	Inadecuado, Poco adecuado, Adecuado, Bastante adecuado, Muy adecuado.
		Flexibilidad	Inadecuado, Poco adecuado, Adecuado, Bastante adecuado, Muy adecuado.
		Uso del modelo lingüístico	Inadecuado, Poco adecuado, Adecuado, Bastante adecuado, Muy adecuado.
		Utilización de varios expertos	Inadecuado, Poco adecuado, Adecuado, Bastante adecuado, Muy adecuado.
		Aplicación en diferentes dominios	Inadecuado, Poco adecuado, Adecuado, Bastante adecuado, Muy adecuado.

		Coherencia	Inadecuado, Poco adecuado, Adecuado, Bastante adecuado, Muy adecuado.
		Relevancia	Inadecuado, Poco adecuado, Adecuado, Bastante adecuado, Muy adecuado.
		Utilidad de la información	Inadecuado, Poco adecuado, Adecuado, Bastante adecuado, Muy adecuado.
Variable dependiente	Dimensión	Indicador	Índice
Mejorar la toma de decisiones	Calidad	Automatización del proceso	Informatizado, manual.
		Tiempo requerido para ejecutarlo	Horas
		Cantidad de personas involucradas	Unidad

Para el desarrollo del experimento se toma como población 5 proyectos del Centro de Informatización de la Gestión Documental, tomando como muestra el 100% de la población. Se realiza el Experimento 1 de tipo pre-experimento en 3 proyectos para analizar la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios. Se realiza el Experimento 2 para comparar la evaluación de las solicitudes del impacto de cambios antes y después de aplicado el método. El Experimento 3 se realiza del tipo pre-experimento post prueba con grupo de control para analizar el impacto económico y social de la propuesta.

Diseño de experimentos

Experimento 1: Aplicación y análisis de resultados obtenidos de la aplicación del método desarrollado a los proyectos seleccionados en la muestra del centro CIGED. El experimento se plantea del siguiente modo:

G X O

Simbología utilizada

G: grupo de experimentación compuesto por los proyectos del centro CIGED que constituyen la muestra.

X: aplicación de la propuesta al grupo de experimentación.

O: observación de la evaluación del impacto de cambios en los proyectos luego de aplicar el método.

Experimento 2: Comparación de los resultados con la evaluación del impacto de cambios en dos momentos diferentes del ciclo de desarrollo del software.

G X O

Simbología utilizada

G: grupo de experimentación compuesto por los proyectos de la UCI seleccionados.

X: aplicación de la propuesta al grupo de experimentación.

O: comparación de los resultados obtenidos con la aplicación del método en una fase con los resultados obtenidos en otra fase del mismo proyecto durante el ciclo de desarrollo del software.

Experimento 3: Análisis del impacto económico y social de la propuesta. El diseño se diagrama de la siguiente manera:

G X O

Simbología utilizada

G: grupo de experimentación compuesto por un grupo de expertos seleccionados.

X: evaluación impacto económico y social de la propuesta.

O: análisis de los resultados del impacto económico y social de la propuesta.

Durante la investigación se utilizaron los siguientes métodos científicos:

Métodos teóricos

Análisis histórico-lógico: se utilizó este método para profundizar en los antecedentes, los rasgos y características de la evaluación del impacto de cambios. Enfatizando en las deficiencias de los métodos analizados.

Analítico-Sintético: se utilizó en el análisis de la bibliografía para sintetizar la información consultada sobre el estado del arte de la evaluación del impacto de cambios.

Hipotético-Deductivo: se obtienen las conclusiones a partir de la hipótesis planteada, una hipótesis diseñada a partir del problema de la investigación y los objetivos, lo cual permite obtener los conocimientos del proceso para la evaluación del impacto de cambios mediante la computación con palabras.

Modelación: Permitió modelar la propuesta de solución a partir de la representación de las diferentes fases y sus relaciones, propiciando un mejor entendimiento de cada una de las etapas del método.

Sistémico: permitió estudiar el proceso de evaluación del impacto de cambios, mediante la determinación de sus principales criterios, así como la relación entre ellos.

Métodos empíricos

Análisis documental: permitió realizar un estudio de la bibliografía referente a la temática abordada.

Entrevista: se realizó una entrevista estructurada con el objetivo de identificar problemas relacionados con la gestión de los cambios en los proyectos productivos y la evaluación del impacto de cambios en los proyectos.

Observación participativa: se aplicó a partir del desempeño de la autora en proyectos y con el fin de identificar problemas que presentan los proyectos en el marco de la evaluación del impacto de los cambios.

La investigación tiene como novedad científica la propuesta de un método para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en el *software*. Tiene como aporte práctico mejorar la evaluación del impacto de cambios, pues el método propuesto tiene en cuenta las condiciones del proyecto que inciden en el impacto de cambios en el *software*, así como el criterio de varios expertos.

Participación en eventos y publicaciones del autor:

1. **Rosa María Renté Labrada**, Gilberto Enrique González Hidalgo, Roberto Delgado Victore (2019). *Evaluación de impacto de cambios para la sustentabilidad de las organizaciones orientadas a proyectos*. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, 12(10), 126-138.
2. Manuel Vega Almaguer, **Rosa María Renté Labrada**, Arianet Valdivia Mesa. (2019) "*Diseño sustentable. Experiencias de su implementación en el Instituto Superior Politécnico de Huíla, Universidad Mandume Ya Ndemufayo en Angola*". Congreso Internacional de Educación Superior "Universidad 2020". La Habana, Cuba.
3. **Rosa María Renté Labrada**, Manuel Vega Almaguer, Arianet Valdivia Mesa, Alberto Raimundo W. Wapota. (2019) *Avaliação através de um modelo linguístico computacional do impacto ambiental no Design de produtos*. 6ª Conferência Nacional sobre Ciência e Tecnologia. Angola. Luanda.
4. **Rosa María Renté Labrada**, Manuel Vega Almaguer, Arianet Valdivia Mesa, Alberto Raimundo W. Wapota. (2019) "A integração de criterios ambientais no processo de design. Experiência de aplicação na formação do designers de Comunicação Visual no Instituto Superior Politécnico de Huíla na Universidade Mandume Ya Ndemufayo". 6ª Conferência Nacional sobre Ciência e Tecnologia. Angola. Luanda.
5. **Rosa María Renté Labrada**, Gilberto Enrique González Hidalgo, Roberto Delgado Victore. (2019) *Evaluación de impacto de cambios para la sustentabilidad de las organizaciones orientadas a proyectos*. VI Conferencia Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba.
6. **Rosa María Renté Labrada**, Manuel Vega Almaguer, Arianet Valdivia Mesa. (2019) *Computação com palavras na avaliação dos trabalhos de fim de curso. Experiência no curso de design do*

Instituto Superior Politécnico da Huíla, “2º Simpósio Caminhos de Investigação em Educação em Angola”, ESPd Namibe, Angola. Ponente

7. Manuel Vega Almaguer, **Rosa María Renté Labrada**, Arianet Valdivia Mesa. (2019) *A importância do ensino de Design Sustentável na actualidade. Experiencia no curso de Design no Instituto Superior Politécnico da Huíla, “2º Simpósio Caminhos de Investigação em Educação em Angola”, ESPd Namibe, Angola. Ponente*
8. **Rosa María Renté Labrada**, Manuel Vega Almaguer, Arianet Valdivia Mesa, Aberto Raimundo Watchilambi Wapota. (2019) *“Computación com palavras na avaliação do desenho de productos. “Conferência de Ciências da Computação Tendências e Paradigmas”. Lubango. Huíla, Angola. Ponente*
9. Anié Bermudez, Roberto Delgado, Gilberto Castro, **Rosa María Renté Labrada**, Noichel Juan. (2018) *“Evaluación estratégica de las Organizaciones orientadas a proyectos”*. EPISTEMUS, vol. 25, 2018. ISSN: 2007-4530.
10. **Rosa María Renté Labrada**, Yaniselis Hormigó. (2018) *Impacto en la comunidad de producción de la UCI de un procedimiento para la Gestión de Proyectos*. III Conferencia Científica Internacional. Ponente.
11. **Rosa María Renté Labrada**, Anié Bermúdez, Roberto Delgado. (2018) *Análisis del impacto de cambios en los requerimientos mediante el modelo 2-tuplas lingüísticas*. III Conferencia Científica Internacional. Ponente.
12. **Rosa María Renté Labrada**, Yaniselis Hormigó. (2018) *Impacto en la comunidad de producción de la UCI de un procedimiento para la Gestión de Proyectos. “Ciencias Informáticas: investigación, innovación y desarrollo”*. ISBN 978-959-286-072-8.
13. **Rosa María Renté Labrada**, Anié Bermúdez, Roberto Delgado. (2018) *Análisis del impacto de cambios en los requerimientos mediante el modelo 2-tuplas lingüísticas. “Ciencias Informáticas: investigación, innovación y desarrollo”*. ISBN 978-959-286-072-8.
14. Anié Bermúdez, **Rosa María Renté Labrada**, Roberto Delgado. (2018) *Evaluación estratégica de las organizaciones orientadas a proyectos. “Ciencias Informáticas: investigación, innovación y desarrollo”*. ISBN 978-959-286-072-8.
15. **Rosa María Renté Labrada**. (2018) *Evaludor del Congreso Iberoamericano de Gestión de Proyectos en el marco de la III Conferencia Científica Internacional de la UCI*.

La investigación se encuentra estructurada:

En el **Capítulo 1** se elabora un marco teórico sobre la evaluación de impacto de cambios, sus tendencias en las principales escuelas de gestión de proyectos, técnicas y herramientas desarrolladas. Se analiza la actualidad sobre la con palabras en el área de la gestión de proyectos, para solucionar problemas con múltiples expertos e información heterogénea.

En el **Capítulo 2** se presentan los indicadores, la selección de los expertos, el método para la evaluación de impacto de cambios que tiene en cuenta el método de representación lingüística 2-tuplas.

En el **Capítulo 3** se muestran los resultados de la validación del método desarrollado para la evaluación del impacto de cambios teniendo la información proporcionada por los expertos. Se comparan los resultados obtenidos con la aplicación del método propuesto en dos momentos diferentes, dentro del ciclo de desarrollo. Se realiza una valoración del impacto económico y social del método propuesto.

Posteriormente se exponen las conclusiones generales, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos de la investigación.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Introducción

Debido a dificultades en el entendimiento con los clientes, el surgimiento de funcionalidades nuevas o el surgimiento de fallas, los sistemas de *software* están sujetos a cambios, por lo que se hace necesario la evaluación de su impacto en el proyecto, para decidir si es viable o no aceptar dicho cambio. El análisis del impacto del cambio es una actividad vital durante la gestión de proyectos e identificar las consecuencias es imperante para lograr el éxito.

El presente capítulo tiene por objetivo elaborar un marco teórico en torno a las tendencias del análisis del impacto de cambios; se describen las principales escuelas de gestión de proyectos y como estudian estas el impacto de los cambios. Además, la aplicación de técnicas de *computación con palabras* en el área de la gestión de proyectos, específicamente para la evaluación del impacto de cambios. Finalmente se presentan las conclusiones del capítulo.

1.2 Resumen bibliográfico

Los datos que se reflejan a continuación en la Tabla 2, resumen la bibliografía principal que fue consultada. Para investigar y elaborar el marco teórico se utilizaron herramientas infotecnológicas de búsqueda como: motores de búsqueda, metabuscadores, directorios de materias, bases de datos especializadas como: *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, *Directory of Open Access Journals (DOAJ)*, *Scientific Electronic Library Online (Scielo)*, *Google Académico y Dialnet*, *Elsevier*, *ScieceDirect*.

Tabla 2. Resumen cuantitativo de la bibliografía consultada. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de publicación	Años Anteriores		Últimos 5 años	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Libros y monografías	4	100%	0	0%
Tesis de doctorado	2	40%	3	60%
Tesis de maestría	1	17%	5	83%
Artículos de revistas en SCOPUS y Web of Science	2	6%	33	94%
Artículos de otras revistas	0	0%	35	100%
Páginas oficiales y artículos publicados en la web	0	0%	8	100%
Reportes técnicos y conferencias	1	10%	9	90%
Entrevistas personales	0	0%	1	100%

La *EIC* en el *software* durante la gestión de proyectos se expone en diversas formas de literatura; las técnicas y tendencias del análisis de impacto de cambios se abordan en libros, tesis de doctorado y artículos de revistas consultados y publicados en los últimos cinco años. En los trabajos anteriores a los 5 años se puede consultar los principales aportes teóricos, como conceptos y definiciones de los principales autores de los temas tratados. Como se puede apreciar, la bibliografía consultada es abundante y actualizada; de las fuentes bibliográficas consultadas, 84 fueron publicadas en los últimos cinco años, lo que representa el 85.5%. Del total de las fuentes, 65 están en idioma inglés lo que representa el 61% evidenciado que la mayor parte de la bibliografía especializada es en este idioma, un 0.5% en idioma portugués y el resto en español.

De la investigación realizada se concluye que, en el dominio de técnicas de computación con palabras para el análisis de impacto de cambios en los proyectos de *software* constituye una brecha para la investigación. No se cuenta con evidencias de la utilización del modelo de representación lingüística de 2-tuplas, perteneciente a la computación con palabras, para modelar la incertidumbre expresada en la valoración de los expertos para evaluar el efecto de los cambios en el proyecto, a partir de indicadores que expresen sus condiciones.

1.3 Análisis de impacto de cambios en proyectos de *software*

Bohner y Arnold en [13] investigaron los fundamentos de la *EIC* y **proporcionaron** como definición del término análisis de impacto: “Identificar las consecuencias potenciales de un cambio, o estimar lo que se debe modificar para lograrlo”. El estudio realizado por Miguel [14] define que los beneficios para realizar cambios contribuyen desde el punto de vista:

- Funcional.
- Desempeño.
- Mayor potencial de oportunidades.
- Mayor facilidad de mantenimiento.
- Costos más bajos.
- Compatibilidad con otros sistemas.

El análisis de impacto de cambios es abordado desde la visión de diferentes autores, tal es el caso de:

- En [15], Queille y Voidrot precisan el análisis de impacto como la tarea de evaluar los efectos de realizar un conjunto de cambios en un sistema de *software*.
- Bohner y R. Arnold [13] definen el análisis de impacto como un proceso de identificación de las posibles consecuencias de un cambio, o estimación de lo que se necesita modificar para realizarlo.

- Los autores Orso, Apiwattanapong y Jean [16] definen el análisis de impacto del cambio como la tarea de estimar las partes del *software* y la documentación relacionada que se puede afectar si se realiza un cambio de *software* propuesto. La información del análisis de impacto se puede utilizar cuando se planifican cambios, se realizan cambios y se realiza un seguimiento del efecto de los cambios.
- En el estudio realizado por Dhamija y Sikka en [17], se enuncia el análisis de impacto de cambios como un proceso sistemático, bajo mantenimiento de software, que incluye una variedad de técnicas a través de las cuales se pueden determinar los posibles efectos que un cambio puede tener en otros elementos del software.

Los estudios realizados por Miguel [14] y [18], definen que la *EIC* es responsabilidad del director de proyecto, de modo que las solicitudes de cambios del sistema puedan ser adecuadamente validadas antes de tomar la decisión de incorporarlas o no al sistema. El autor considera que debe identificarse el efecto del cambio en otras áreas pues pueden ser afectados otros sistemas. El tiempo extra necesario para implementar un cambio tendrá un efecto sobre otro trabajo de desarrollo y las consecuencias de esto necesitan ser cuantificadas [19]. Define que para la *EIC* es preciso definir el cambio de forma completa, clara y sin ambigüedad y tener en consideración:

- Necesidad del cambio.
- Prioridad del cambio
- Beneficios de realizar el cambio.
- Costo de realizar el cambio.
- Efecto del cambio en el plazo establecido para el proyecto.
- Efecto del cambio en otros recursos del proyecto.
- Efecto de los cambios en el desempeño.
- Impacto sobre otros sistemas.
- Impacto sobre otros trabajos de desarrollo.
- Riesgo asociado.

Además, el autor expone que para analizar los recursos se debe valorar [19]:

- Esfuerzo necesario para desarrollar el cambio.
- Necesidad de reforzar otros trabajos.
- Impacto en otras partes del sistema.
- Pruebas para los cambios.

- Implementación de los cambios.
- Documentación de los cambios.
- Otros recursos relacionados.

Un elemento que no debe faltar es el análisis detallado de los riesgos, incluidos:

- Empresariales.
- Técnicos.
- Operacionales.
- Económicos.

Durante la evaluación del impacto de los cambios en el *software* se debe establecer las prioridades para identificar la diferencia entre “importante” y “urgente”:

- El sistema no trabajará si no se implementan los cambios.
- Parte del sistema no trabajará sin no se implementan los cambios.
- Los beneficios pueden ser disminuidos sin no se implementan los cambios.
- La facilidad de uso será afectada si no se implementa los cambios.
- No se necesitan los cambios para que el sistema funcione correctamente.

Para la clasificación de las decisiones a tomar se pueden considerar las siguientes:

- Es necesario tomar una acción inmediata, pues afecta el trabajo que será realizado.
- Puede ser incorporado en el próximo punto de revisión.
- Puede ser postergado para una futura fase.
- Puede ser incorporado cuando sea conveniente.

Para aceptar una solicitud de cambio no es suficiente su aprobación, deben indicarse las prioridades y urgencias del cambio. Una solicitud de cambio debe crear una notificación formal que indique la alteración de la documentación o el *software*. Esta notificación debe ser registrada en el sistema de gestión de la configuración, indicando la línea base que fue modificada.

Las definiciones señalan que la *EIC* es imprescindible para garantizar el éxito del proyecto, y que está encaminando a estimar los efectos y consecuencias de realizar dichos cambios para el alcance, el tiempo, costo y calidad del proyecto.

Las solicitudes de cambios no pueden estar pendientes hasta el final del proyecto, de modo que:

- Los proyectos con más de seis meses evalúan los pedidos de cambios mensualmente.
- Los proyectos entre uno y seis meses evalúan los pedidos de cambios semanalmente.

- Los proyectos muy cortos (un mes) evalúan a medida que aparecen.

1.4 Análisis de impacto de cambios en escuelas de gestión de proyectos

En la teoría científica y en la práctica, es fácil encontrar múltiples metodologías y certificaciones asociadas para la gestión de proyectos [20][21][22][23][24], siendo confusa la diferenciación entre estas, sus fronteras y relaciones. A continuación, se presenta una breve revisión de las metodologías más conocidas y utilizadas para la gestión de proyectos a nivel internacional y un resumen sobre cómo se tiene en cuenta en estas la gestión del impacto de los cambios.

1.4.1 Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK)

Guía del PMBOK [11], que en español guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Esta guía analiza las solicitudes de cambios dentro del área de conocimiento Gestión de la integración del proyecto. Establece que los directores de proyectos deben proveer cambios e implementar procesos para mantener dichos cambios administrados y controlados. Las solicitudes de cambios son procesadas por el director del proyecto, el Comité de Control de Cambios o un miembro designado del equipo, de acuerdo con el sistema de control de cambios. El estado de todas las solicitudes de cambios, aprobadas o no, se actualizarán en el registro de cambios como parte de las actualizaciones a los documentos del proyecto. Constituyen una salida del proceso Realizar el Control Integrado de los Cambios e incluyen las solicitudes revisadas y aprobadas para su implementación por un comité de control de cambios.

Las solicitudes de cambios pueden incluir acciones preventivas o correctivas, reparación de defectos o solicitudes de mejora. En *PMBOK* las solicitudes de cambio se procesan para su revisión y tratamiento por medio del proceso Realizar el Control Integrado de Cambios. Si las solicitudes de cambio aprobadas afectan el alcance del proyecto, será necesario revisar y volver a emitir el enunciado del alcance y la estructura de desglose del trabajo, para reflejar los cambios aprobados a través del proceso Realizar el Control Integrado de Cambios.

Además, propone un registro de cambios para documentar aquellos que se realizan durante el proyecto. Dichos cambios y su impacto en el proyecto deben ser comunicados a los interesados adecuados. Las solicitudes de cambios rechazadas también se incluyen en el registro de cambios. Una vez implementados los cambios se deben validar para garantizar que fueron correctamente implementados.

Para la *EIC* entre las técnicas y herramientas que propone *PMBOK* se encuentran las herramientas de gestión de proyectos, el juicio de expertos, análisis de datos y reuniones. Sin embargo, no especifica las competencias y criterios para seleccionar dichos expertos. No describe un método que defina los pasos a seguir para evaluar el impacto de dichos cambios para determinar si es posible o no llevarlos a cabo. Estos

elementos conducen a que las oficinas o equipos de gestión de proyectos sean responsables de definir sus procesos de gestión de cambios y el método a emplear para determinar el efecto que estos tendrán sobre los factores de éxito del proyecto, lo cual repercute en los análisis que se llevan a cabo y en la incertidumbre durante la toma de decisiones.

1.4.2 Modelo Integrado de la Capacidad de Madurez (CMMI)

CMMI [25], del inglés *Capability Maturity Model Integration*, es un modelo de calidad para la mejora y la evaluación de procesos de desarrollo de *software*. En *CMMI* el Comité de Control de Cambios es el mecanismo oficial para controlar los cambios. Propone gestionar los cambios a los requisitos en el área de proceso de Gestión de Requisitos (*REQM*), nivel de madurez 2 [26], donde se plantea la subpráctica específica para gestionar los cambios a los requisitos a medida que evolucionan durante el proyecto, y donde se realiza la *EIC* desde el punto de vista de las partes interesadas.

CMMI expone mantener la trazabilidad bidireccional entre los requisitos y los productos de trabajo utilizando la matriz de trazabilidad entre requisitos. Las peticiones de cambio en *CMMI* no sólo tratan los requisitos nuevos o modificados, sino también los fallos y los defectos en los productos de trabajo. Estas peticiones se analizan para determinar el impacto que tendrá el cambio en el producto de trabajo, en los productos de trabajos relacionados, en el presupuesto y en el calendario.

CMMI plantea que debe analizarse el impacto que tendrá el cambio en los productos relacionados, en el presupuesto y en el calendario, sin embargo, no expone qué pasos a seguir para determinarlo. La propuesta de empleo de la trazabilidad de requisitos como técnica para evaluar el efecto de los cambios se centra en los artefactos generados durante el desarrollo del *software*, obviando elementos que repercuten en viabilidad de los cambios, como pudieran ser: los riesgos asociados, variaciones en los costos, efecto en los plazos establecidos, recursos necesarios para llevarlos a cabo, entre otros.

1.4.3 Proyectos en Entornos Controlados (PRINCE2)

PRINCE 2 (PROjects IN CONTROLLED ENVIRONMENTS) [27] es un método estructurado para la gestión efectiva de proyectos, el cual ofrece una guía de buenas prácticas. Posee una estructura de organización definida para el equipo de gestión de proyectos y una planificación basada en productos. Entre los componentes que define *PRINCE2* se encuentra el control de cambios. Define que los cambios en el alcance del proyecto o las especificaciones de productos pueden tener un efecto significativo sobre el proyecto en término de coste y calendario. Propone calcular el efecto de los cambios antes de que sean acordados.

PRINCE2 define que la probabilidad de que un proyecto sufra cambios en su enfoque o en sus requisitos es muy alta. Estos cambios, si no son cuidadosamente controlados, pueden incidir directamente en el

éxito del proyecto. Define el control de cambios como la evaluación de los cambios potenciales, su importancia y de la decisión crítica de llevarlo a cabo o no.

PRINCE2 evidencia la necesidad de evaluar los cambios, pero no propone las herramientas o técnicas que pueden utilizarse para medirlos. Carece de una propuesta sobre los pasos a seguir por parte de los equipos de proyectos para establecer cuánto puede afectar aceptar una solicitud de cambio en el éxito del proyecto. No orienta como parte de sus guías de buenas prácticas tener en cuenta el criterio de los expertos, así como referirse a las competencias que estos deben poseer.

1.4.4 Organización Internacional de Normalización (ISO)

ISO 21500:2012

La *ISO 21500*, del inglés *Guidance on Project Management*, en español Lineamientos de la Gestión Económica, tiene mucha relación con el contenido expuesto en el *PMBOK* [22][28]. *ISO 21500* proporciona un alto nivel de descripción de los conceptos y procesos que forman parte de las buenas prácticas en la gestión de proyectos. El control de los cambios se realiza en *ISO 21500:2012* en el grupo de procesos de Control, dentro del grupo de materia Integración. Define que durante el control de los cambios se vigilan todos los cambios del proyecto y los entregables, y se formaliza la aceptación o rechazo de estos cambios antes de la implementación.

Se plantea dentro de *ISO 21500* que los cambios se tendrán que evaluar en este proceso en términos de beneficio, alcance, recursos, tiempo, costo, calidad y riesgos, verificar su impacto, y obtener la aprobación para su implantación. En *ISO 21500:2012* los cambios aprobados implicarán la actualización de los documentos del proyecto, alcance, presupuesto y planificaciones.

ISO 10006:2017

ISO 10006 [29] es una guía que resume los principios y prácticas de gestión de calidad en lo que respecta a la gestión de proyectos y complementa la guía dada en *ISO 21500: 2012*. Es aplicable a proyectos de diversa complejidad, tamaño y longitud. No añade elementos nuevos en relación a *PRINCE2* y *PMBOK*.

En *ISO 10006:2017* la gestión de los cambios cubre la identificación, la evaluación, la autorización, la documentación, la implementación y el control de los cambios. Esta guía propone que antes de autorizar un cambio, debería analizarse el propósito, el alcance y el impacto de dicho cambio. Los cambios que afecten los objetivos del proyecto deberían acordarse con el cliente y con las demás partes interesadas pertinentes, así como la solución de cualquier conflicto.

En ambas normas se establece la importancia de la *EIC*, sin embargo, como el resto de los estándares anteriores, no especifican el proceso a seguir, el uso de métodos cualitativos o cuantitativos para estimarlos. No existe una propuesta que tenga en consideración el criterio de expertos o las condiciones

del proyecto para enfrentar la solicitud y que pueda estar relacionada con los recursos humanos, tecnológicos o económicos.

1.4.5 Normas Cubanas para la gestión de proyectos (NC)

En Cuba existen normas para la gestión de proyectos, las cuales están definidas por un conjunto de resoluciones y decretos que son aprobados por los ministerios. En el caso específico de los proyectos de desarrollo de *software*, le concierne la definición de las normas a seguir al Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (MIC).

El Decreto No. 327 [30] tiene como objeto contribuir a la eficiencia, racionalidad e integralidad del proceso inversionista en Cuba. Establece realizar la evaluación técnico-económica final para medir si los supuestos de diseño de la inversión fueron alcanzados al fin del período de puesta en explotación.

Este decreto propone informar a las autoridades sobre los cambios o modificaciones que se introduzcan en el proyecto y, en el caso que corresponda, tramitar la modificación. Si fuera imprescindible una prórroga al plazo pactado, esta es acordada entre las partes, según lo establecido en el contrato correspondiente, y se incluye la reclamación contractual si procede. Si la prórroga necesaria conlleva variación de la fecha final de terminación de la inversión, el cambio tiene que ser aprobado por la instancia que aprobó el cronograma original [30].

Las normas cubanas relacionadas con la gestión de proyectos, al igual que los estándares internacionales anteriormente descritos, representan guías abstractas que permiten ordenar y perfeccionar el trabajo, pero no especifican de forma concreta los mecanismos a utilizar. Esto hace que surjan brechas entre la práctica social y el marco normativo existente. Por otra parte, dichas normas no contemplan un proceso que describa como evaluar los cambios, las técnicas que pueden ser empleadas o los elementos a tener en cuenta dentro del entorno del proyecto para decidir si es viable o no aceptarlos.

1.4.6 Modelo de Proceso para la Industria del Software (Moprosoft)

Modelo de Procesos para la Industria de Software (MoProSoft) actualmente Norma Mexicana con el nombre *NMX-I-059/02-NYCE-2011 Tecnología de la información – Ingeniería de Software – Calidad de producto (MoProSoft)*, fue creado por la Secretaría de Economía a través del Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (PROSOFT) con el objetivo de fortalecer a la Industria de Software en México.

Está orientado a mejorar los resultados en las organizaciones de desarrollo de software, contribuyendo a los objetivos del negocio y no sirve solamente como marco de referencia para una certificación o evaluación. Está dirigido a organizaciones dedicadas al desarrollo y/o mantenimiento de software. No se requiere de una estructura de organización compleja para poder aplicarlo. Sirve de base para las

organizaciones que no cuentan con procesos establecidos. Sirve de referencia para las organizaciones que ya tienen procesos establecidos. Ayuda a las organizaciones a mantener la excelencia en los recursos humanos. Establece un mecanismo para mantener el capital intelectual. Establece un mecanismo para hacer un uso adecuado de los bienes y recursos materiales de la organización. Está basado en los principales estándares internacionales, que aplican a la industria de software, pero siendo práctico [31]. Moprosoft no especifica el proceso a seguir, el uso de métodos cualitativos o cuantitativos para estimarlos. No existe una propuesta que tenga en consideración el criterio de expertos o las condiciones del proyecto para enfrentar la solicitud y que pueda estar relacionada con los recursos humanos, tecnológicos o económicos.

1.4.7 Mejora del Proceso de Software Brasileiro (MPS.BR)

O MPS.BR es un programa para la Mejora del Proceso do Software Brasileiro, está en desarrollo desde diciembre del 2003 y es coordinado por la Asociación para la Promoción de la Excelencia de Software Brasileiro (SOFTEX), contando con el apoyo del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT), de la Financiadora de Estudios y Proyectos (FINEP) y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

La guía propuesta de MPS BR [32] plantea que el propósito del proceso de Gestión del Cambio es asegurar que todos los cambios que afectan los servicios sean evaluados, aprobados, implementados y revisados de manera controlada.

Para la gestión de cambios MPS BR propone la creación del comité de control de cambios, cuya responsabilidad es: analizar, decidir sobre la implementación y priorizar cambios; llevar a cabo la planificación de actividades para el cambio que se llevará a cabo, incluido el horario, las personas asignadas, los entornos, los riesgos y las pruebas que prueben que el servicio se ha cambiado correctamente; asegúrese de que haya planes de reversión, permitiendo que los servicios regresen a su estado anterior; gestionar la comunicación con todas las áreas involucradas (directa o indirectamente) con el cambio planificado; monitorear la ejecución del plan de cambio y actuar sobre las desviaciones; autorizar la nueva composición del servicio después del cambio; monitorear los resultados del servicio después de que el cambio se haya hecho oficial, para garantizar que los resultados sean los planificados y tome medidas para corregir las desviaciones identificadas.

Para registrar los cambios plantea los siguientes elementos: solicitud de cambio; motivo del cambio (o qué motivó la solicitud, cuál es su fuente); resultado esperado del cambio y limitaciones de tiempo (si las hay); riesgos involucrados en el cambio; recursos necesarios (infraestructura, personas, tiempo) para entregar el cambio; responsable de la construcción, prueba e implementación del cambio, así como de

los involucrados; relación entre este cambio y otros que están en progreso o en espera de aprobación, si corresponde. Aclara cuáles son estas relaciones.

MPS BR expone que las solicitudes de cambio se evalúan utilizando criterios definidos. Evaluar y aprobar los cambios después de comprender las razones y los resultados esperados por sí solos no es suficiente para que sean aprobados. La evaluación de los cambios debe incluir la visión del negocio y del cliente, los cambios en el entorno, la capacitación del equipo involucrado, los acuerdos de nivel de servicio ya establecida o incluida en la cartera de la compañía.

Plantea que la evaluación de las solicitudes de cambio se puede llevar a cabo de varias maneras:

- Cambios básicos o triviales: autorización previamente registrada en los procesos estándar de la organización o personalizaciones autorizadas para el servicio. En este caso, ya existe un criterio definido para su autorización;
- Cambios críticos: establecimiento de un comité, responsable de definir los criterios de análisis y decisión, respetando las reglas generales definidas en el proceso estándar de la organización. En los cambios críticos, los criterios deben cubrir el análisis de, por ejemplo:
 - Riesgos para el negocio;
 - Riesgos para el cliente;
- Costos e impacto de los cambios ambientales, si corresponde;
- Costos e impacto de los cambios de capacitación técnica, cambios en el tamaño del equipo o la segmentación, si corresponde;
- Planes de reversión, que describen cómo se puede restaurar el nivel de servicio, si ocurren problemas después de que se lanza el cambio;
- Los planes de reversión deben cubrir los costos y la complejidad de devolver el servicio a su estado inicial;
- Impactos en los niveles de acuerdo de servicio;
- Tiempo para implementar el cambio, considerando las pruebas (del cambio y los planes de reversión) antes de que surta efecto [32].

En el caso de MPS BR la propuesta aborda con mayor detalle la evaluación de los cambios. Propone los criterios a tener en cuenta para registrarlos y evaluarlos. Sin embargo, a pesar de esto no se explica un proceso o procedimiento para evaluar el impacto de los mismos. No aborda el tratamiento de la incertidumbre con información heterogénea a partir del criterio varios expertos, y no se propone el uso de algún método cualitativo o cuantitativo para evaluarlos.

1.4.8 Programa de Mejora de la UCI

CMMI [16][17] y otros autores plantean que la mejora en el proceso proporciona la infraestructura y la estabilidad necesarias para hacer frente a un entorno dinámico sujeto a cambios constantes y para contribuir a la productividad de las personas y el uso de la tecnología para ser competitivos. Las instituciones que desean acogerse a una certificación deben contener un proyecto o programa de mejora. La Universidad de Ciencias Informáticas, con el objetivo de alcanzar la certificación internacional en el modelo *CMMI*, desarrolló un programa de mejora definiendo procedimientos que permiten cumplir con cada una de las áreas de procesos. En la definición del área de proceso de Administración de la Configuración está contenido el proceso para llevar a cabo el control de los cambios.

Para evaluar los cambios como parte de los procesos del programa de mejora de la UCI [33] se realiza un análisis de la matriz de trazabilidad a partir del subproceso traceo del área de Administración de Requisitos, para conocer todos los elementos dependientes del elemento a adicionar, modificar o eliminar, teniendo en cuenta la solicitud de cambio emitida. Si el cambio a realizar en la Línea Base trae como consecuencia la implementación el proceso exige la actualización de todos los artefactos generados en la fase de requisitos.

El comité de control de cambios se reúne y analiza el impacto de la solicitud de cambio de mejora teniendo en cuenta: elementos que se afectan con el cambio, recursos necesarios para la implementación del cambio, tiempo y costo, y si es necesario hacerlo en la etapa actual del proyecto. Luego toma la decisión de aprobar, rechazar o posponerlo y comunica a los interesados [33] .

Al concluir la reunión del comité de control de cambios se emite una minuta de reunión donde se recogen las actividades principales de la reunión y la decisión tomada acerca de la solicitud de cambio de mejora. Aun cuando en el programa de mejora se especifican algunos factores a tener en cuenta para evaluar el impacto de los cambios, no se realiza una descripción específica de estos, ni cómo deben analizarse, quedando a consideración de los equipos de proyectos identificar todos los factores, así como el modo en que serán evaluados para decidir si es factible o no aceptarlos.

El análisis de las diferentes escuelas de gestión de proyectos permitió conocer cómo se comporta la evaluación del impacto de cambios en cada una de ellas, la Tabla 3 resume los resultados.

Tabla 3. Resumen de las escuelas de gestión de proyectos. Fuente: Elaboración propia.

Escuelas de Dirección de Proyectos	de de	Propone evaluar los cambios	Describe método, procesos o procedimiento para evaluar cambios.	Propone el análisis de información heterogénea emitidas por	Propone criterios para evaluar cambios	Herramientas y Técnicas.	Análisis cualitativo o cuantitativo de cambios
------------------------------------	-------	-----------------------------	---	---	--	--------------------------	--

			varios expertos			
PMBOK	Sí	No	Sí	No	Sí	No
CMMI	Sí	No	No	No	Sí	No
PRINCE2	Sí	No	No	No	No	No
ISO 21500:2012	Sí	No	No	No	No	No
ISO 10006:2017	Sí	No	No	No	No	No
Norma Cubana para la Gestión de Proyectos	Sí	No	No	No	No	No
Programa de Mejora de la UCI	Sí	No	No	Sí	Sí	No
MoProSoft	Sí	No	No	No	No	No
MPS.BR	Sí	No	No	Sí	No	No

Los resultados obtenidos muestran que todas las escuelas de gestión de proyecto proponen realizar la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios. Entre las estudiadas no existe evidencia de la descripción de un método, procedimiento o proceso para evaluar el impacto de los cambios. El análisis de información heterogénea solo es abordado en una, al igual que la definición de criterios. Las herramientas y técnicas son propuestas en tres de ellas y ninguna realiza propuesta de análisis cuantitativo o cualitativo.

1.5 Técnicas para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios

Cuando se realiza una solicitud de cambios, generalmente se afectan algunos artefactos obtenidos durante el ciclo de desarrollo. Estos artefactos definen las clases, las tablas de base de datos, los archivos de configuración, entre otros. Diferentes autores investigan el impacto de cambios, teniendo en cuenta diferentes enfoques para realizar su análisis. Autores como Jaramillo plantean en [34] que no existe una metodología que incluya a la gestión de cambios en el ciclo de desarrollo del software. Diferentes autores analizan como perspectivas de análisis de impacto el análisis de dependencias y el análisis de trazabilidad. El enfoque basado en análisis de dependencias, abordado en [16][35][36][37][38][39][40][41][42] se centra en identificar las relaciones entre los artefactos de clase o los códigos fuente explorando la estructura interna de los códigos. Este análisis tiene como objetivo determinar qué elementos de los códigos de origen podrían verse afectados por un cambio. Se han introducido muchos tipos de técnicas de análisis de dependencias, como la dependencia de control y la dependencia de datos. La dependencia de control utiliza las estructuras condicionales de un programa para el análisis, mientras que la dependencia de datos indaga sobre la variable del programa.

El seguimiento de las dependencias de *software* basadas en los documentos del *software* es un enfoque tradicional del análisis de impacto y se define como análisis de impacto basado en documentos. Las

metodologías pioneras para el análisis de impacto asumieron que los conocimientos de las dependencias de *software* están disponibles en forma de documentos de diseño o gráficos de dependencia.

Los métodos basados en modelos tienen en cuenta que es común modelar sistemas de *software* usando diagramas Undefine Model Language por sus siglas en inglés *UML*, y una cantidad de métodos de análisis de impacto se enfocan en las dependencias del *software* de rastreo basadas en diagramas *UML*.

Los autores [43][44][45][46][47][48][49][50][51] utilizan el enfoque de análisis de trazabilidad. En la propuesta de los autores Gohil, Bhattacharya y Chauhan [46] se identifican los requisitos afectados debido a una solicitud de cambio, manejan automáticamente los cambios y generan dos gráficos de dependencia para el escenario antes y después del evento de cambio, los cuales se utilizan para investigar el impacto del cambio en los requisitos afectados y el cambio en sus dependencias. Esta metodología solo maneja el análisis del impacto de cambios para los requisitos funcionales.

En la propuesta realizada por Berg, Goknil y Kurtev [44] se plantea la *EIC* para modificaciones en los requisitos y su efecto en la arquitectura de *software*. Los autores utilizan la formalización de las relaciones de requisitos, los cambios, trazabilidad en requisitos y arquitectura para determinar los elementos arquitectónicos candidatos y determinar el impacto en la arquitectura de cambios en requisitos. El impacto es calculado utilizando una función de impacto de cambios, teniendo en cuenta el tipo de cambio, las relaciones entre los requerimientos y la trazabilidad con la arquitectura. El resultado es un conjunto de elementos arquitectónicos que pueden verse afectados por el cambio en los requisitos.

El algoritmo presentado en [16] considera un conjunto de cambios candidatos para el programa *P*, el desarrollador *D* analiza el impacto esperado de cada uno de esos cambios en *P* para tomar una decisión sobre los cambios que deberían implementarse realmente y aquellos que deben posponerse.

La investigación realizada por Viera [52], propone un método para el análisis de impacto de cambios en los requisitos de los proyectos sobre los compromisos de alcance con el cliente. Este método determina la propagación que tiene el cambio de un requisito sobre otros requisitos del proyecto y se propone un algoritmo que arroja como resultado las relaciones de un requisito afectado inicialmente. El impacto se calcula mediante la aplicación de operadores de agregación para procesar información lingüística. En este método no se analiza la propagación del cambio sobre otros artefactos del *software*, dejando incompleto el análisis para el resto de los productos de trabajo que influyen en el alcance, el tiempo, costo y calidad del proyecto.

La viabilidad de efectuar los cambios no abarca los nuevos riesgos, el cambio en los costos, impacto en otros sistemas o componentes, por lo que puede considerarse parcial.

En el Anexo 1 se realiza un resumen con los principales autores y referentes estudiados en relación con el impacto de las solicitudes de cambios. El análisis de las diferentes técnicas para la evaluación del impacto de cambios, Anexo 2, permite llegar a la conclusión que un 77.8 % no definen o siguen un proceso para evaluar los cambios. El estudio analizado tuvo en cuenta un igual porcentaje de técnicas con enfoque de trazabilidad que con enfoque de dependencia. La mayor cantidad, 83.3% no emplean a los expertos como un recurso para la evaluación del impacto de cambios. Las técnicas estudiadas solo el 33.3% puede ser aplicada en cualquier fase del proceso de desarrollo del software, el resto solo es posible en una o algunas de ellas. Del estudio realizado la mayor parte plantean el algoritmo como solución para la evaluación del impacto de cambios. Solo un 16.7% de las técnicas analizadas tienen en cuenta la prioridad del cambio. El factor tiempo, costo, riesgo y recurso solo es analizado en un 5.6% de las técnicas estudiadas, ver Figura 1.



Figura 1. Estudio de técnicas para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios.

Teniendo en cuenta todos estos resultados se hace necesario definir un proceso para evaluar el impacto de los cambios, que tenga en cuenta el criterio de expertos, que permita ser utilizado en las diferentes fases del proceso de desarrollo del software, teniendo en cuenta la prioridad del cambio, el tiempo, costo, riesgo y recursos necesarios para llevarlos a cabo.

Varios de los enfoques analizados no permiten ser utilizados en varias etapas del desarrollo del *software*. Se centran en etapas específicas como el diseño y la implementación. Las solicitudes de cambios se realizan a partir de requisitos, por lo que la evaluación del impacto de los cambios debe ser examinada desde las fases iniciales hasta la fase en que se encuentra el proyecto en el momento de la solicitud de cambio.

Mayormente estos enfoques se centran en el análisis de artefactos que se construyen durante el desarrollo de un producto, obviando que el desarrollo de proyectos es un proceso de dirección integrado que analiza todas las áreas de conocimientos y que debe tener en cuenta factores, tanto objetivos como subjetivos, que permitan lograr el resultado final.

Los indicadores para la evaluación del impacto de los cambios se orientan fundamentalmente a proporcionar métodos objetivos para caracterizar las condiciones del proyecto y evaluar el efecto de los cambios, generalmente enfocados a personas, productos y procesos. Por tanto, existe la necesidad de la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, basada en el análisis de los indicadores y fundamentados en las experiencias. Con el uso de indicadores los directivos podrán orientar acciones que garanticen enfrentar en mejores condiciones las solicitudes de cambios y así el proyecto no se enfrenta a la incertidumbre de implementar cambios que afectan los factores de éxito, sino solo en aquellos que no tienen gran repercusión.

1.6 Indicadores en la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios

En la bibliografía consultada se consideran varios indicadores que permiten evaluar el impacto de las solicitudes de cambios.

El modelo propuesto por J. Wiley [43] propone los siguientes indicadores para medir el impacto de las solicitudes de cambios: conjuntos de impacto inicial (*CII*), conjunto de impacto candidato (*CIC*), conjunto de impacto descubierto (*CID*), conjunto de impacto real (*CIR*) y conjunto de impacto falso positivo (*CIFP*). Utiliza estos indicadores para estimar el impacto de las solicitudes de cambios utilizando la fórmula:

$$\text{Impacto} = \frac{CID + CIFP}{CIC} \quad (1)$$

El algoritmo propuesto en [16] utiliza como métrica el porcentaje colectivo para calcular el porcentaje de ejecuciones de usuarios afectados por los cambios. Para este fin, *CP*, que es la proporción del número de ejecuciones *e* en *E* que atraviesa al menos un cambio *c* en *C* con el número total de ejecuciones *E*. Como premisa para poder utilizar esta técnica el *software* debe encontrarse en la fase de desarrollo.

$$CP = \frac{e \in E \cup c \in C}{E} \quad (2)$$

El estudio realizado por Malhotra [39] clasifica los tipos de solicitudes de cambios de requerimientos. Propone el Factor del Tamaño del Impacto (*FTM*) como la proporción de cambio en el porcentaje que se usará para predecir el tamaño del código después que se implementa el cambio. *FTM* es la suma de los volúmenes de cambio probables en cada clase impactada identificada de acuerdo con el factor de tipo de cambio para las solicitudes de cambio de requisitos relacionadas. La ecuación utilizada en este enfoque para calcular la *FTM* se muestra en (3).

$$FTM_{IC} = 100 \times \sum_r PV \left(\frac{FTC}{NR} \right) \quad (3)$$

Donde:

VP: es un valor constante para la probabilidad del número de cambios.

NR: es el número de requerimientos que tienen relación con las clases impactadas.

FTC: es el factor del tipo de cambio que se realiza a los requerimientos, que puede ser adición, eliminación o modificación.

r: representa la cantidad de relación entre requisitos y clases afectadas.

Para medir la precisión de las técnicas propuestas estudios realizados por [36] [49] utilizan la métrica de *recuperación* y *precisión*, como se muestra en (4) y (5) respectivamente.

$$recuperación = \frac{|candidato \cap ocurrido|}{|ocurrido|} \quad (4)$$

$$precisión = \frac{|candidato \cap ocurrido|}{|candidato|} \quad (5)$$

Donde:

recuperación: medida del rendimiento que devuelve las entidades relevantes, representa la proporción de entidades relevantes, datos o documentos recuperados por una técnica de todas las entidades disponibles.

precisión: medida del rendimiento de una técnica de recuperación para no devolver elementos no relevantes, representa la proporción de impactos candidatos que realmente se ven afectados.

El análisis del modelo debe tener un atributo de alta precisión para ser preciso y un alto atributo de recuperación para ser completo. Si el algoritmo tiene poca recuperación, no se podrán cambiar algunas entidades, lo que introducirá defectos. Un algoritmo con baja precisión desperdiciará el tiempo de los mantenedores de *software* y los mantenedores dejarán de usarlos.

El estudio realizado, en relación con los diferentes métodos propuestos, demuestra que los métodos de evaluación de impacto de cambios en su mayoría se centran en etapas específicas como es la Ejecución donde se realiza con mayor énfasis la implementación del sistema, centrándose dicho análisis en las

modificaciones a las líneas de código generadas. Para esta evaluación de impacto no se somete a consideración las condiciones específicas del tipo de proyecto en cuestión, las características de los recursos humanos que ejecutan los cambios, complejidad y nivel de importancia del cambio solicitado.

1.7 Problema de toma de decisiones (TD)

Los problemas de toma de decisiones de manera general consisten en situaciones de decisión, en el que dos o más expertos expresan sus valoraciones sobre un conjunto de alternativas para obtener una solución (sobre una alternativa o un conjunto de alternativas) [53]. Para ello se supone que hay un conjunto finito de alternativas:

$$X = \{X_0, \dots, X_n\} \quad n \geq 2 \quad (6)$$

Así como un conjunto finito de expertos:

$$E = \{e_1, \dots, e_m\} \quad m \geq 2 \quad (7)$$

De forma general, la solución a los problemas (TD) está dada por una fase de agregación y explotación [54], y puede ser enriquecido con la teoría de la computación con palabras CWW y el modelo lingüístico 2-tuplas [55].

1.8 Caracterización de los problemas de toma de decisión

La teoría de decisión aborda diferentes características y clasificaciones [56]. A continuación, se describen los elementos que permiten mostrar que la EIC constituye un problema de toma de decisión.



Figura 2. Caracterización de los problemas de toma de decisión

El **ambiente de decisión** se define fundamentado en las características y el marco en el que se va a llevar a cabo la toma de decisión. Un problema de decisión está definido en un contexto de **certidumbre** cuando son conocidos con exactitud todos los elementos o factores que intervienen en el problema. En este caso,

es posible asignar valores cuantitativos de utilidad a cada una de las alternativas presentes en el problema. Un problema de decisión está definido en un contexto de **incertidumbre**, cuando la información sobre las múltiples alternativas es incompleta, vaga o imprecisa, con lo cual cada alternativa debe ser evaluada en modo cualitativo. Esta incertidumbre surge a raíz del intento de modelar la imprecisión propia del comportamiento humano o la inherente a ciertos fenómenos que por su naturaleza son inciertos. Un problema de decisión está definido en un ambiente de **riesgo** cuando alguno de los elementos o factores que intervienen están sujetos a las leyes del azar. En estos casos, los problemas pueden ser resueltos utilizando la teoría de la probabilidad.

El **número de criterios** o atributos que se tienen en cuenta en los procesos de decisión para obtener la solución permite clasificar a los problemas de decisión. Problemas de decisión en los que, para evaluar las alternativas, se tiene en cuenta un **único criterio o atributo** que representa la valoración dada a esa alternativa. La solución se obtiene como la alternativa que mejor resuelve el problema teniendo en cuenta este único criterio. Sea $X = \{X_i \mid i \in (1, \dots, m)\}$ el conjunto de alternativas del problema, cada una de ellas tendría una valoración y_i en un dominio de expresión determinado (numérico, lingüístico y otros). En los problemas de decisión en los que, para evaluar las alternativas, se tienen en cuenta dos o más criterios o atributos que definen cada alternativa. La alternativa solución sería aquella que mejor resuelva el problema considerando todos estos criterios o atributos. El número de criterios en un problema de decisión **multicriterio** se asume que es finito. Sean $X = \{X_i \mid i \in (1, \dots, m)\}$ y $C = \{C_j \mid j \in (1, \dots, n)\}$ el conjunto de alternativas y el conjunto de criterios respectivamente, que caracterizan una situación de decisión; para cada alternativa X_i , se tendría una valoración, y_{ij} , que indica la preferencia de la alternativa, X_i , respecto del criterio, C_j . Los problemas de Toma de Decisión Multicriterio (TDMC) son más complejos de resolver que los problemas en los que hay un solo criterio. Cada criterio puede establecer un orden particular y diferente sobre el conjunto de alternativas. A partir del conjunto de órdenes de preferencia particulares, sería necesario establecer algún mecanismo que permita construir un orden global de preferencia. En la literatura, podemos encontrar varios ejemplos [57] [58] [59] [60] [61] [62] [63] [64].

Atendiendo al **número de expertos** que toman parte en el proceso de toma de decisión, estos pueden ser clasificados en dos tipos. Los **unipersonales o individuales** se refieren a problemas donde las alternativas son valoradas por un único experto. Por tanto, para cada alternativa X_i , se tendría una valoración, y_i del experto en un dominio de expresión determinado (numérico, lingüístico, y otros). En el caso de que varios expertos tomen parte del proceso, se nombra **multiexpertos** y las decisiones son tomadas por un conjunto (finito) de expertos. Así, cada experto, e_k , proporciona su preferencia y_i^k , sobre la alternativa, X_i .

La complejidad de un problema de toma de decisión, en el que participan varios expertos, es mayor que otro en que la decisión se analiza de forma individual. La inclusión de varios expertos con conocimientos y experiencias diferentes puede ofrecer una solución más exitosa al problema. En la *EIC* es necesario tener en cuenta el criterio de los diferentes expertos, por lo que la *EIC* es un problema multiexperto.

A los valores utilizados por los expertos para exponer sus preferencias se le nombra **dominio de expresión de preferencias**. En la literatura [65][66][67][68], encontramos que en los problemas de toma de decisiones la información puede ser expresada en distintos dominios, por ejemplo, el numérico, el intervalar y el lingüístico. De esta forma, según el o los dominios de información empleados para expresar las preferencias, los problemas se pueden clasificar en **homogéneos y heterogéneos o no-homogéneos**. Cuando todas las preferencias son emitidas utilizando el mismo dominio de información se denomina dominio homogéneo y si son presentadas utilizando más de un dominio de información se les denomina heterogéneos.

La decisión de utilizar un dominio de información específico depende de: (1) la naturaleza de los criterios, (2) la pertenencia de los expertos a diferentes áreas de conocimiento, (3) nivel de conocimiento de los expertos sobre el problema respectivamente. En correspondencia con la naturaleza del fenómeno que se evalúa será el dominio utilizado para su valoración. Los expertos manejarán con mayor facilidad el tipo de información según el área de conocimiento con la cual están más acostumbrados a trabajar. La experiencia de los expertos en la solución de problemas afines puede implicar que unos expertos seleccionen escalas con elevado número de valoraciones y otros, escalas con menor número de valoraciones.

Los **cambios en el tiempo** pueden ser estáticos o dinámicos. La clasificación **estática** está dada cuando las preferencias se tienen en cuenta en un único momento de decisión, sobre un único conjunto de alternativas y de acuerdo a un único conjunto de criterios de importancia fija. Cuando se tienen en cuenta múltiples momentos de decisión, las alternativas y criterios evaluados no son fijos y las valoraciones anteriores de las alternativas pueden influir en la valoración final. En consecuencia, la *EIC* se presenta en este trabajo como un problema heterogéneo donde la elección de los dominios de información estará determinada por la naturaleza de los indicadores de *EIC*.

La *EIC* es una predicción sobre la forma en que un cambio repercutirá sobre los factores de éxito de un proyecto, por tanto, existe incertidumbre en los parámetros involucrados. Un problema de *EIC* implica coincidencia de especialistas de diferentes niveles de conocimiento y con diferentes fuentes de conocimientos. Usualmente la incertidumbre aparece en *EIC* debido a que no es posible poseer siempre

toda la información necesaria para hacer el análisis, por lo cual es posible modelar el problema utilizando los indicadores más relevantes, representativos y analizables.

1.9 Evaluación del impacto de cambios como un problema de toma de decisión

Como se plantea en la investigación realizada por Félix, Calero, Esquivel y Bello [68], los objetivos de un proceso de evaluación residen en calcular un conjunto de evaluaciones generales que resuma la información recogida y proporcione información útil sobre los elementos evaluados. Para ello, es necesario establecer un marco de evaluación para valorar los elementos, recopilar la información y finalmente calcular una evaluación final para cada uno.

Evaluar las solicitudes de cambios, teniendo en cuenta un grupo de indicadores, y establecer el impacto que estas pudieran ocasionar en los proyectos, constituye un problema básico de toma de decisión. A continuación, se exponen algunos elementos que así lo evidencian:

- Se consideran las evaluaciones realizadas por los expertos a cada criterio, por lo que como consecuencia del juicio humano estas evaluaciones introducen incertidumbre.
- Se analizan las solicitudes de cambios teniendo en cuenta un conjunto de indicadores que permiten determinar su impacto en el proyecto.
- Se tienen en cuenta varias alternativas o decisiones para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios.
- Se definen varios indicadores que tienen en cuenta las condiciones del proyecto sobre el cual se realiza la solicitud de cambio.

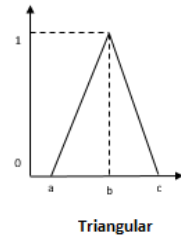
1.10 Lógica difusa

La teoría de los conjuntos difusos o borrosos fue introducida por Zadeh [69] en el año 1965. La lógica difusa es una generalización de la lógica booleana clásica, propuesta por como una extensión de esta, con objeto de permitir manejar el concepto de verdades parciales situadas entre el totalmente verdadero y el totalmente falso, pues la percepción del mundo real está invadida por conceptos que no tienen fronteras nítidamente definidas [69], como por ejemplo, regular, muy bajo, moderado, importante, poco, entre otros. Su ámbito abarca diferentes dominios como: teoría de sistemas [70] [71], análisis de decisión [72] [73][74][75][76] [77] y recuperación de información [78]. Un aspecto clave en la lógica difusa es que los conceptos son modelados mediante conjuntos difusos. La teoría de conjuntos difuso ha tenido aplicaciones en dos ramas principales [79][80][81][82][83]:

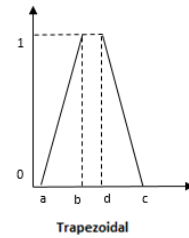
- Como una teoría matemática formal, ampliando conceptos e ideas de otras áreas de la matemática como el álgebra, la teoría de grafos, la topología, entre otras, al aplicar conceptos de la teoría de conjuntos difusos a dichas tareas.
- Una poderosa herramienta para tratar situaciones del mundo real en las que aparece incertidumbre (imprecisión, vaguedad o inconsistencia). Se adapta con facilidad a diferentes contextos y problemas.

1.11 Tipos de funciones de pertenencia

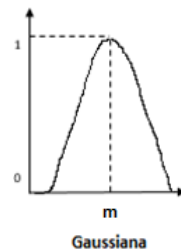
La función $\mu_{\tilde{A}}: X \rightarrow [0,1]$ describe una función de pertenencia asociada a un conjunto difuso $\tilde{A}$ que depende no sólo del concepto que representa, sino también del contexto en el que se usa. Una función de pertenencia no es una función como la de los conjuntos clásicos, es necesario definirla. Cualquier forma de estas funciones tiene diferentes propiedades y representaciones gráficas. La semántica de los conjuntos difusos no es muy sensible a diferenciaciones en la forma, y es muy ventajoso el uso de funciones simples. Para la representación de los conjuntos suelen definirse con funciones paramétricas, como se muestra a continuación:



$$\mu_{\tilde{A}}(X): \begin{cases} 0, si\ x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} si\ x \in (a, b] \\ 1 si\ x = b \\ \frac{c-x}{c-b} si\ x \in (b, c) \\ 0, si\ x \geq c \end{cases}$$



$$\mu_{\tilde{A}}(X): \begin{cases} 0, si\ x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} si\ x \in (a, b] \\ 1 si\ x \in (b, d] \\ \frac{c-x}{c-b} si\ x \in (d, c) \\ 0, si\ x \geq c \end{cases}$$



$$A(X): e^{-k(x-m)^2} \text{ donde } k > 0$$

Figura 3. Tipos de funciones de pertenencia. Fuente: Tomado de [32].

En esta investigación, teniendo en cuenta la semántica, el contexto y dominio en que se utiliza, así como para lograr la simplificación el trabajo, se utiliza la función triangular.

1.12 Computación con palabras

La computación con palabras, denominado en inglés Computing with Words (*CWW*) es una metodología en la que los objetos de la computación son palabras o frases definidas en un lenguaje natural en lugar de números [84]. Su utilización se extiende a diferentes áreas y disciplinas tal como ingeniería, psicología e inteligencia artificial. Este modelo permite realizar un proceso sencillo y sin pérdida de información. Es una metodología de razonamiento, computación y toma de decisiones en las que se utilizan palabras procedentes del lenguaje natural. *CWW* puede llevar a resultados con un gran impacto en la ciencia, la tecnología y la sociedad. Con el resumen lingüístico se simplifica un gran conjunto de datos, con la ayuda de palabras, de manera que un humano pueda obtener una comprensión global del contenido de los datos [85].

La computación con palabras persigue tres objetivos fundamentales: ofrecer una metodología para calcular y razonar cuando la información disponible es suficientemente precisa para justificar el empleo de números; aprovechar la tolerancia de la imprecisión para alcanzar manejabilidad, robustez, bajo coste y mejor relación con la realidad; proporcionar bases para el desarrollo de lenguajes de programación que pudieran aproximarse a los lenguajes naturales en apariencia y en capacidad de expresión [85].

1.13 Modelo computacional en el enfoque lingüístico 2-tuplas

Los modelos lingüísticos basados en conjuntos borrosos tipo-2, el resultado que arrojan, aunque es un término lingüístico, se pierde información. Finalmente, el modelo lingüístico basado en 2-tuplas presenta características que favorecen su aplicación para evaluar aprendizaje. Este modelo fue introducido por Herrera y Martínez [55], con el objetivo de mejorar la precisión de los resultados y facilitar los procesos de computación con palabras tratando el dominio lingüístico como un dominio continuo pero manteniendo la base lingüística (sintaxis y semántica). Para ello, este modelo extiende la representación lingüística difusa añadiendo un nuevo parámetro.

Este modelo evita la pérdida de información que se produce en los modelos anteriores de *CWW*. Dentro de sus principales ventajas se encuentran: 1) representación continua de la información lingüística en su dominio, 2) representación cualquier recuento de información obtenida en un proceso de agregación, 3) su modelo computacional basado en la traslación simbólica facilita los procesos de computación con palabras y 4) posee extensiones para diferentes contextos, entre ellos para la manipulación de información heterogénea [55].

Este modelo ha sido utilizado para resolver diversos problemas asociados a la Gestión de Proyectos y a la Informática como: evaluación de riesgos, modelos de evaluación, toma de decisiones grupales y multicriterio, evaluación sensorial, recursos humanos, selección de metodologías de desarrollo, análisis de factibilidad de proyectos, [55] [56][86][87][88], por solo citar algunos ejemplos. Lo que demuestra la aplicabilidad de este modelo lingüístico a problemas de evaluación de manera general y a situaciones donde está presente la vaguedad e incertidumbre de la información, de ahí su amplia aplicabilidad en la actualidad.

La aplicación del modelo lingüístico, basado en 2-tuplas, en el proceso de *EIC* facilita la comprensión al manejar palabras o sentencias definidas en lenguaje natural, que pueden ser instanciadas por números, simulando el proceso cognitivo humano. Esta metodología permite fortalecer modelos de decisión, en los que la información presenta imprecisión. El estudio realizado por [55] muestra sus ventajas y desventajas, por lo cual es posible aplicarlo al ámbito de esta investigación.

El modelado de la información lingüística está basado en el concepto de traslación simbólica [89] y se utiliza para representar la información lingüística mediante un par de valores, llamados 2-tupla lingüística (S_i, α) , donde $S_i \in S = \{S_0, \dots, S_g\}$ es un término lingüístico y α es un valor numérico representando la traslación simbólica.

Sea $S = \{S_0, \dots, S_g\}$ un Conjunto Básico de Términos Lingüísticos (CBTL) y $\beta \in [0, g]$ el resultado de una operación de agregación simbólica. La traslación simbólica de un término lingüístico $S_i \in S = \{S_0, \dots, S_g\}$ es un valor numérico definido en $[-0.5, 0.5]$ que representa la diferencia de información entre una cantidad de información $\beta \in [0, g]$ obtenida de una operación simbólica y el índice del término lingüístico más cercano.

Este modelo de representación define un conjunto de funciones para realizar transformaciones entre valores numéricos y 2-tuplas lingüísticas con objeto de facilitar los procesos de computación con palabras.

Operador de agregación 2-tuplas

La agregación de información consiste en obtener un valor que resuma un conjunto de valores, por lo que el resultado de la agregación de un conjunto de varias 2-tuplas debe ser una 2-tupla. En la literatura se puede encontrar numerosos operadores de agregación que nos permiten combinar la información de acuerdo a distintos criterios. Cualquiera de estos operadores puede ser fácilmente extendido para trabajar con 2-tupla, usando funciones Δ y Δ^{-1} que transforman valores numéricos en 2-tupla y viceversa sin pérdida de información.

1.14 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se examina el marco teórico en torno a las tendencias de la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, diferentes enfoques y técnicas. A partir de este análisis se arriba a las siguientes conclusiones:

- A partir del marco teórico de la investigación se concluye que la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios presenta dificultades en cuanto al uso de procesos, métodos y procedimientos claramente definidos, creando incertidumbre en el análisis de decisión.
- En los estándares estudiados se propone en análisis de impacto de cambios, pero no se establece los pasos a seguir para evaluarlos, no se tiene en cuenta información heterogénea emitida por varios expertos, y no se toman en cuenta las condiciones específicas de cada proyecto.
- A partir del estudio de propuestas de diferentes autores, relacionados con soluciones brindadas para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, se evidenció que las mismas se centran en el análisis de artefactos obtenidos en el proceso de desarrollo, obviando la dirección integrada de proyectos como elemento a tener en cuenta, así como los factores subjetivos y objetivos que inciden en el impacto de un cambio en relación con las características específicas de cada proyecto. Además, existe una tendencia en estos autores, de evaluar el impacto de las solicitudes de cambios a partir del análisis de código de programas, limitando su uso al resto de las fases de desarrollo de software durante las cuales el código no es un resultado construido.
- La propuesta constituye un problema de toma de decisión. Atendiendo al ambiente de decisión se define como ambiente de incertidumbre, al número de criterios a evaluar se considera multicriterio, por el número de expertos que tomarán la decisión como multiexperto y por el dominio de expresión de preferencias, como heterogéneo.
- Fundamentado en la bibliografía consultada, la aplicación de la computación con palabras, específicamente el método de 2-tuplas lingüísticas facilita el empleo del lenguaje natural para evaluar el impacto de los cambios, constituye un tema novedoso para la investigación en este campo, y que permite tener en cuenta el criterio de varios expertos y facilitar de este modo la toma de decisiones.

CAPÍTULO 2. MÉTODO PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO DE SOLICITUDES DE CAMBIOS

2.1 Introducción

En este capítulo se define un método para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en el *software*, basado en el modelo de representación lingüística 2- tuplas. Se describen las actividades del modelo propuesto y los indicadores requeridos para que los expertos realicen su valoración. Se utiliza el modelo de representación lingüística de 2-tupla, para evaluar la información proporcionada. Posteriormente se presentan las conclusiones del capítulo.

2.2 Evaluación del impacto de solicitudes cambios en proyectos de la UCI

En la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios el conocimiento sobre los criterios evaluados es vago o impreciso, por lo que tiene incorporado el ambiente de incertidumbre. Para conocer cómo se procede en la Universidad de las Ciencias Informáticas para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos, se realizó una encuesta a los proyectos productivos, como muestra el Anexo 3:

Los objetivos que persigue la encuesta son los siguientes:

- Identificar el método utilizado en la Universidad de las Ciencias Informáticas para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos.
- Identificar los criterios que deben considerarse para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos.
- Identificar los expertos para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios, así como sus competencias.

La encuesta fue sometida a un pilotaje para comprobar la interpretación correcta de las preguntas formuladas. Como resultado se obtuvo que las preguntas tienen un nivel de comprensión adecuado para los encuestados y su organización en el cuestionario facilitan la exposición lógica de la información que se desea obtener, así como el objetivo que se persigue.

Para la presente investigación el tamaño de la muestra fue obtenido utilizando la fórmula abordada en [90], que plantea:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{(d^2 * (N - 1)) + Z^2 * p * q} \quad (8)$$

Donde:

n : tamaño de la muestra.

Z : constante que depende del nivel de confianza que se le asigne.

N : tamaño de la población.

d : error muestral deseado, precisión.

p : proporción de individuos que poseen en la población la característica del estudio. Este dato es usualmente desconocido y según la mayor parte de la bibliografía lo más apropiado es, $p=q=0.5$.

q =es la proporción de individuos que no poseen esa característica.

Para realizar el estudio se escogió como tamaño de la población de 56 especialistas de diferentes proyectos de la red de centros. Sobre los expertos entrevistados:

- El 100% tienen más de 5 años de experiencia como miembros de equipos de desarrollo del *software*.
- El 50% tienen experiencia como líderes de proyectos.
- El 45% tienen experiencia como desarrolladores de sistemas.
- El 55% tiene experiencias como analistas de *software*.

Esta muestra está conformada por directivos, líderes de proyectos, analistas, aseguradores de calidad, programadores y arquitectos de *software*. Para calcular la muestra se tienen los siguientes datos: nivel de confianza del 95%, error de 5%, p y q igual a 0,5. Se determina una muestra de 49 personas que representan el 87,5% de la población. La composición se considera heterogénea con respecto a la experiencia en la gestión de proyectos y en el análisis del impacto de las solicitudes de cambios.

A continuación, se muestra un resumen de los resultados obtenidos en la encuesta realizada sobre cómo se realiza la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos, ver Tabla 4.

Tabla 4. Estudio de la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en proyectos. Fuente: Elaboración propia.

No	Indicadores	Respuesta			
		Sí	%	No	%
1.	Importancia de evaluar el impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos.	49	100	0	0

2.	Importancia de considerar para evaluar el impacto de la solicitud de cambio de factores relacionados con el contexto y condiciones del proyecto.	49	100	0	0
3.	Conocimientos de un método, procedimiento, herramienta o guía para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos de <i>software</i> .	32	65.30	17	34.69
4.	Conocimientos sobre la realización del análisis de impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos de la UCI.	41	83.67	8	16.32
5.	Conocimientos de la aplicación de métodos, procedimientos, herramienta o guías para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos de la UCI.	29	59.18	20	40.82
6.	Conocimientos sobre la utilización de métodos que tengan en cuenta para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios criterios o indicadores sobre el contexto o condiciones del proyecto donde se evalúa el impacto.	13	26.53	36	73.47
7.	Conocimiento sobre el uso del criterio de varios expertos para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios.	18	36.73	31	63.27
8.	Conocimientos sobre las competencias que deben tener los expertos para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios.	3	6.12	46	93.88
9.	Relevancia de evaluar el nivel de importancia de un criterio respecto a otro.	47	95.90	2	4.25

El 100% de los encuestados consideró necesario e importante evaluar el impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos antes de ser aceptados para su implementación. El 100% consideró necesario tener en cuenta indicadores, factores o condiciones sobre el proyecto donde se realiza la solicitud de cambios. El 65.3 % tiene conocimientos en relación a un método, procedimiento o guía para evaluar las solicitudes de cambios en los proyectos de *software*.

Con relación a la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos de la UCI el 83.67% conoce que se realiza, y el 59.18 % tiene conocimientos de que sea aplicado algún método, procedimiento, herramienta o guías para evaluar cualquier solicitud de cambio. El 26.5% tiene conocimientos sobre la aplicación de criterios que especifican las condiciones del proyecto.

En la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios un 36.73% conoce que se tiene en cuenta el criterio de varios expertos para analizar si se acepta o rechaza una solicitud de cambios. En cuanto a las competencias que deben tener los expertos que evalúan las peticiones de cambios solo un 6.12% expresó tener conocimiento. El 95.9% considera importante el grado de relevancia de cada uno de los criterios, lo cual puede ser posible utilizando un atributo de peso para cada criterio. La encuesta realizada expone las dificultades que existen para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en el *software*.

2.2.1 Definición de indicadores para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios

Para la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, un indicador debe ser entendido como un parámetro, o valor derivado de parámetros, que apunta y brinda informaciones sobre el estado de un fenómeno con una extensión significativa.

Una variable es una representación operacional de un atributo (cualidad, característica, propiedad) de un sistema. Cuanto más se aproxima la variable al propio atributo o refleje el atributo a la realidad, y cuanto más es su significado y relevancia para la tomada de decisiones.

Para obtener los indicadores para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios se incluyó una pregunta en el cuestionario realizado, donde los encuestados respondieron Sí o No, en caso de considerar necesario tener en cuenta los criterios expuestos, como muestra el Anexo 4 y Anexo 5.

Se realizó la encuesta a diferentes profesores, especialistas, y directivos de las diferentes áreas de producción de la UCI. La propuesta inicial de criterios surgió a partir del estudio documental realizado, se organizaron teniendo en cuenta cada una de las áreas de procesos propuestas en el PMBOK y por el proceso de Control Integrado de los Cambios. A continuación, se enuncian los criterios que fueron sometidos al criterio de los expertos.

- Nivel de conocimientos de los roles implicados: Evaluará el nivel que tendrá el impacto en el proyecto a partir de las capacidades intelectuales, información teórica y práctica de cada integrante del equipo de proyecto.
- Disponibilidad de los roles implicados: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio considerando la disponibilidad de los ejecutores para realizar la actividad.
- Experiencia en el rol que desempeñan los recursos implicados: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio a partir de la experiencia en el proceso de producción de software, específicamente en el rol que desempeña los ejecutores del cambio.
- Cooperación de los recursos implicados: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio según la capacidad de cooperación del equipo de proyecto para llevar tareas como un nuevo cambio.
- Motivación de los recursos implicados: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio según la motivación del equipo a partir de la dirección y fuerza de los recursos para lograr los objetivos trazados.
- Propagación del cambio: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio considerando la afectación que trae el cambio sobre el resto de los productos de trabajo.
- Complejidad del cambio: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio considerando su complejidad (en dependencia del tipo de cambio).

- Fase de desarrollo: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio tomando en consideración la fase dentro del ciclo de desarrollo en la que se encuentra el proyecto, corresponde al momento donde se hace la petición de cambio.
- Terceras partes implicada: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio considerando las implicaciones con otros proveedores o terceras partes.
- Variaciones en el cronograma del proyecto: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio a partir de la variación que debe sufrir el cronograma para ejecutar dicho cambio.
- Variaciones en la línea base de costo: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio considerando la variación que sufre el costo según el tiempo y esfuerzo requerido.
- Cantidad de nuevos riesgos identificados: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio considerando los riesgos que surgen a partir de aceptar llevar a cabo el cambio.
- Complejidad de los nuevos riesgos identificados: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio considerando la complejidad de los nuevos riesgos que surgen a partir de aceptar llevar a cabo el cambio.
- Implicaciones en la adquisición de un nuevo software: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio considerando la necesidad de adquirir un nuevo software para ejecutarlo.
- Implicaciones en la adquisición de nuevo hardware: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio considerando la necesidad de adquirir un nuevo hardware para realizarlo.
- Nivel de importancia de los cambios solicitados para los interesados: Evaluará el impacto de ejecutar el cambio considerando su importancia para las partes interesadas.

La distribución de las respuestas teniendo en cuenta el rol fue de la siguiente forma:

Tabla 5. Resumen sobre resultados de la encuesta aplicada. Fuente: Elaboración propia.

	Total	Nivel conocimientos		Disponibilidad		Experiencia		Cooperación		Motivación	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
Directivos	4	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0
Líderes de proyectos	5	5	0	5	0	5	0	4	1	4	1
Analistas	12	12	0	12	0	11	1	9	3	10	2
Aseguradores de calidad	6	6	0	6	0	6	0	5	1	5	1
Programadores	9	9	0	9	0	8	1	7	2	8	1
Arquitectos de software	3	3	0	3	0	3	0	2	1	2	1
Administrador de la configuración	4	4	0	4	0	4	0	3	1	3	1
otros	6	6	0	6	0	5	1	5	1	5	1

Total	49	49	0	49	0	46	3	39	10	41	8
-------	----	----	---	----	---	----	---	----	----	----	---

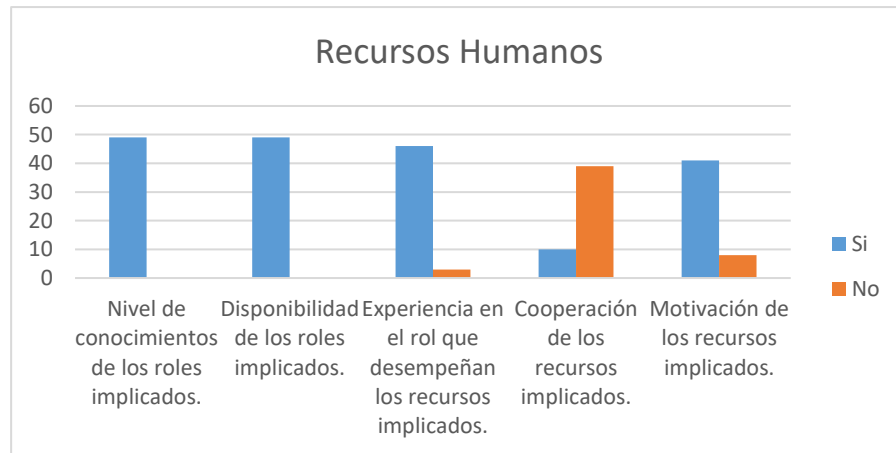


Figura 4. Evaluación de criterios sobre recursos humanos. Fuente: Elaboración propia.

	Total	Propagación del cambio		Complejidad del cambio	
		Sí	No	Sí	No
Directivos	4	4	0	4	0
Líderes de proyectos	5	5	0	5	0
Analistas	12	12	0	12	0
Aseguradores de calidad	6	6	0	6	0
Programadores	9	9	0	9	0
Arquitectos de software	3	3	0	3	0
Administrador de la configuración	4	4	0	4	0
otros	6	6	0	6	0
Total	49	49	0	49	0

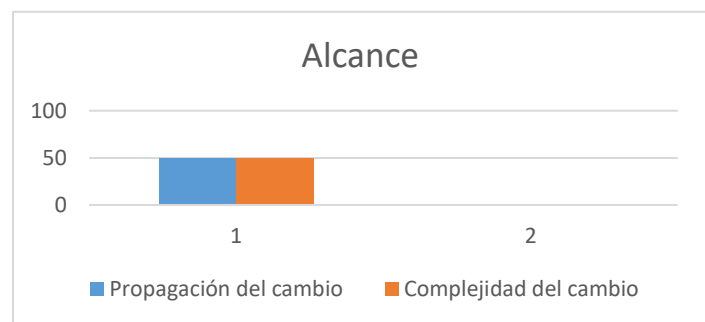


Figura 5. Evaluación de criterios sobre Alcance. Fuente: Elaboración propia.

	Total	Fase de desarrollo		Terceras partes implicadas	
		Sí	No	Sí	No
Directivos	4	4	0	3	1
Líderes de proyectos	5	5	0	4	1
Analistas	12	12	0	11	1
Aseguradores de calidad	6	6	0	5	1
Programadores	9	9	0	8	1
Arquitectos de software	3	3	0	2	1
Administrador de la configuración	4	4	0	3	2
otros	6	6	0	5	3
Total	49	49	0	38	11

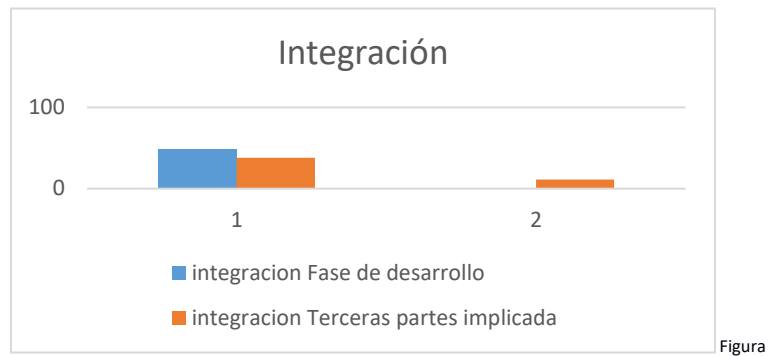


Figura 6. Evaluación de criterios sobre Integración. Fuente: Elaboración propia

	Total	Fase de desarrollo	
		Sí	No
Directivos	4	4	0
Líderes de proyectos	5	5	0
Analistas	12	12	0
Aseguradores de calidad	6	6	0
Programadores	9	9	0
Arquitectos de software	3	3	0
Administrador de la configuración	4	4	0
otros	6	6	0
Total	49	49	0

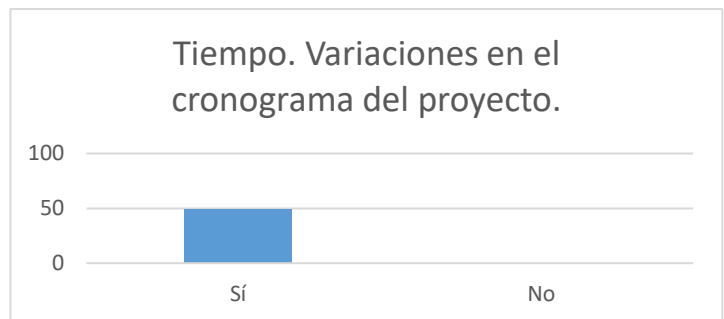


Figura 7. Evaluación de criterios sobre Tiempo. Fuente: Elaboración propia.

	Total	Variaciones en costo	
		Sí	No
Directivos	4	4	0
Líderes de proyectos	5	5	0
Analistas	12	12	0
Aseguradores de calidad	6	6	0
Programadores	9	9	0
Arquitectos de software	3	3	0
Administrador de la configuración	4	4	0
otros	6	6	0
Total	49	49	0

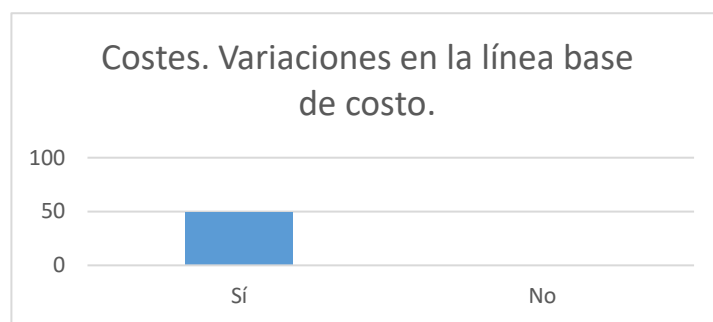


Figura 8. Evaluación de criterios sobre Costes. Fuente: Elaboración propia.

	Total	Interesados	
		Sí	No
Directivos	4	4	4
Líderes de proyectos	5	5	5
Analistas	12	11	1
Aseguradores de calidad	6	5	1
Programadores	9	7	7
Arquitectos de software	3	3	3
Administrador de la configuración	4	4	4
otros	6	5	1
Total	49	46	3

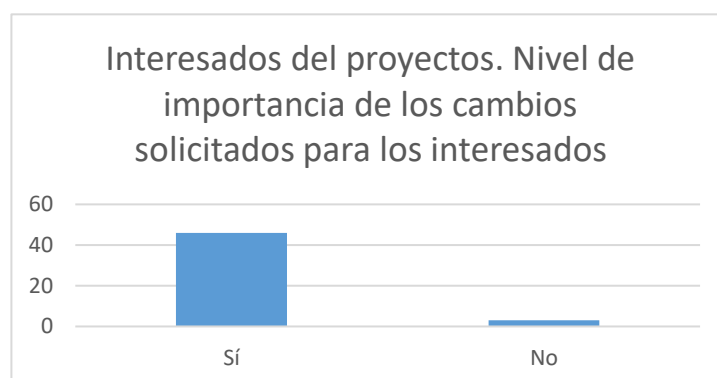


Figura 9. Evaluación de criterios sobre Interesados. Fuente: Elaboración propia.

	Total	Nuevo software		Nuevo hardware	
		Sí	No	Sí	No
Directivos	4	4	0	4	0
Líderes de proyectos	5	5	0	5	0
Analistas	12	12	0	9	3
Aseguradores de calidad	6	5	1	4	2
Programadores	9	2	7	7	2
Arquitectos de software	3	3	0	3	0
Administrador de la configuración	4	4	0	4	0
otros	6	4	2	3	3
Total	49	39	10	39	10

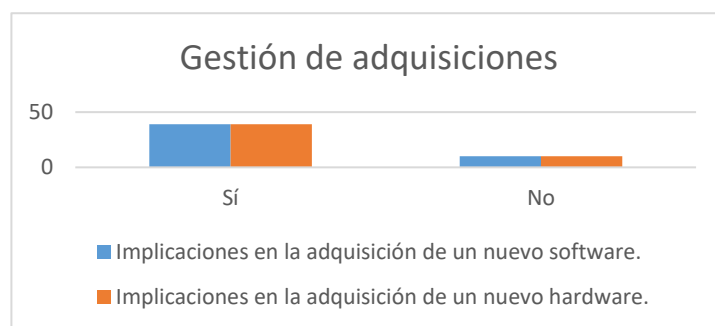


Figura 10. Evaluación de criterios sobre Gestión de adquisiciones.
Fuente: Elaboración propia.

	Total	Nuevo		Complejidad	
		Sí	No	Sí	No
Directivos	4	4	0	4	0
Líderes de proyectos	5	5	0	5	0
Analistas	12	12	0	12	0
Aseguradores de calidad	6	6	0	6	0
Programadores	9	9	0	9	0
Arquitectos de software	3	3	0	3	0
Administrador de la configuración	4	4	0	4	0
otros	6	6	0	6	0
Total	49	49	0	49	0

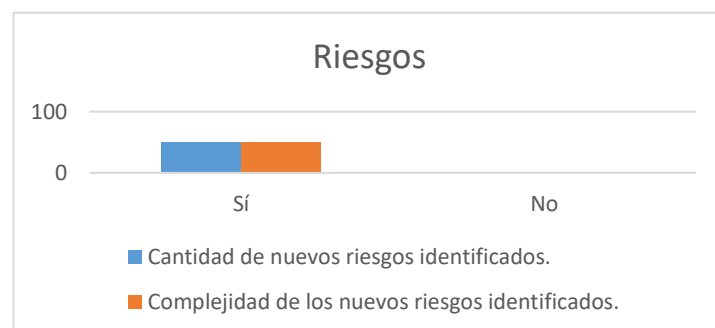


Figura 11. Evaluación de criterios sobre Riesgos. Fuente: Elaboración propia.

Como parte de los resultados obtenidos se obtuvo que la mayor parte de los involucrados aceptaron los criterios propuestos y no fueron sugeridos nuevos criterios.

2.2.2 Descripción

El método para la evaluación de impacto de las solicitudes de cambios contiene actividades que se integran para ofrecer como salida el efecto de una solicitud de cambio.

2.2.3 Objetivo del método propuesto

El objetivo del método es evaluar el impacto que tienen las modificaciones en el *software*, contribuyendo a tomar decisiones en los proyectos. El método se basa en la evaluación, por parte de varios expertos, de criterios, en correspondencias con las condiciones del proyecto.

2.2.4 Etapa dentro de la gestión de proyectos que interviene

El método puede emplearse en cada una de las fases, Inicio, Planificación, Ejecución y Cierre.

2.2.5 Artefactos de entrada del método

Los artefactos requeridos como entradas para poder facilitar la evaluación de las solicitudes de cambios son los siguientes:

- Plan para la dirección del proyecto.
- Documentos del proyecto:
 - Registro de cambios
 - Cronograma del proyecto.
 - Calendario de recursos.
 - Registro de interesados.
 - Registro de riesgos.
 - Documentación de requisitos.
 - Diagrama de red del cronograma del proyecto.
 - Matriz de trazabilidad de requisitos.
 - Listado de criterios a evaluar.
 - Listado de expertos que evaluarán.
- Factores ambientales de la empresa.

2.2.6 Actores que intervienen

La aplicación del método debe ser llevada a cabo por actores del proyecto, cuyas funciones y competencias se exponen a continuación en la Tabla 6:

Tabla 6. Competencias de los actores. Fuente: Elaboración propia.

Actor	Responsabilidades	Competencia
Líder de proyecto	Dirige el proceso de evaluación del impacto de las solicitudes de cambios. Define los criterios a evaluar. Selecciona los expertos para evaluar los criterios.	Comunicación. Cálculos estadísticos. Gestión de proyectos.

	Aplica el método de evaluación del impacto de las solicitudes de cambios.	
Evaluador	Evalúa cada criterio según el nivel de conocimiento sobre el tema. Se constituye por diferentes roles del equipo de proyecto.	Gestión de proyectos. Arquitectura de <i>software</i> . Análisis de <i>software</i> . Calidad del <i>software</i> . Programación de <i>software</i> .
Decisor	Analiza los resultados de la evaluación del impacto de cambios. Toma la decisión según el resultado obtenido. Informa la decisión a los interesados.	Dirección de proyectos. Gestión de proyectos.

2.2.7 Proceso para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios

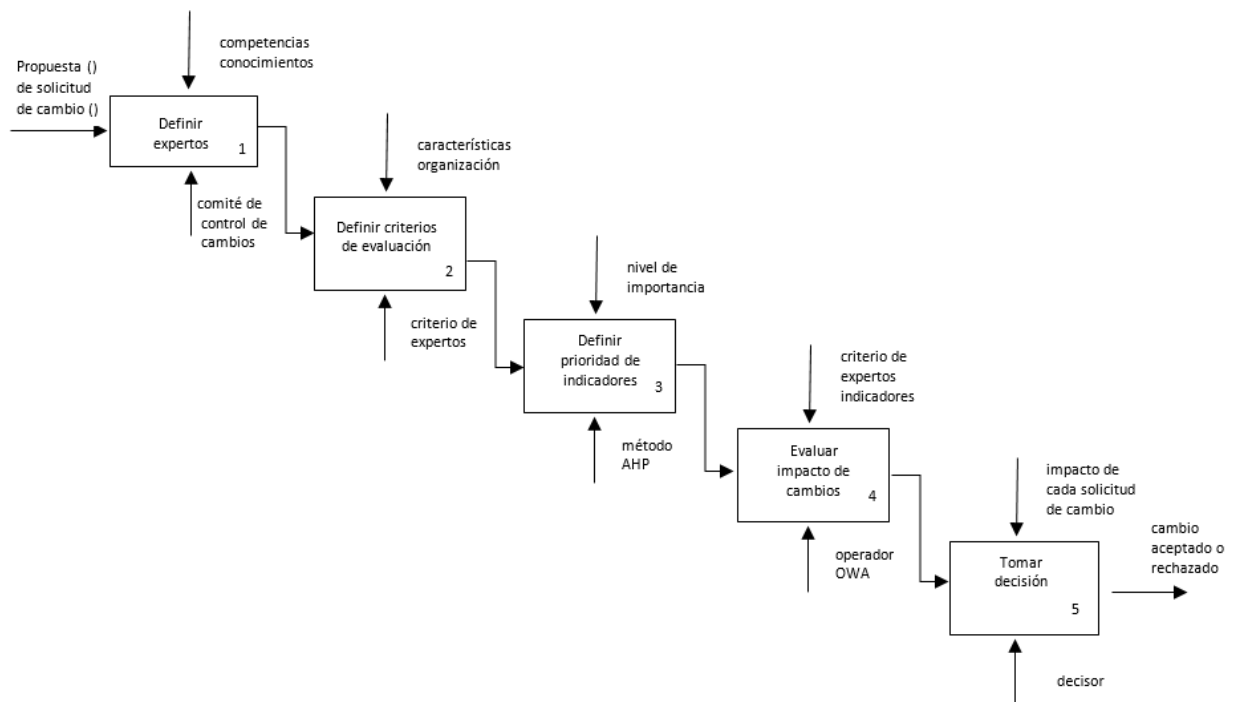


Figura 12. Proceso para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios. Fuente: Elaboración propia.

2.2.8 Descripción del proceso para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios

A continuación, se describen cada uno de los pasos del método propuesto para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, para una mayor comprensión de la propuesta, como se muestra en la Figura 12. En el Anexo 16 se muestra una descripción más detallada de estos.

Paso 1: Definir expertos:

Descripción: esta actividad propone seleccionar los expertos que realizarán la evaluación de cada uno de los criterios, teniendo en cuenta el nivel de conocimientos y su experiencia. Se recomienda incluir como evaluadores al Comité de Control de Cambios, integrado por Líder de proyecto, Arquitecto de software, Administrador de la configuración y Administrador de la calidad. En caso de ser necesario, incluir otros roles como Analista, Jefe de módulo u otros involucrados que el proyecto considere.

Entradas: especialistas del comité de control de cambios, roles del proyecto.

Salidas: listado de expertos que evalúan los criterios.

Paso 2: Definir criterios:

Descripción: esta actividad propone seleccionar los criterios que más se adecuan, utilizando el método de expertos para su selección. En ese caso se debe verificar si existe la lista de criterios creada, para evaluar los cambios, si no existe, crear una lista de criterios teniendo en cuenta las particulares del proyecto sobre el cual se evalúan los cambios.

Entradas: lista de criterios, tipo de proyecto.

Salidas: listado de criterios a evaluar.

Paso 3: Definir la prioridad de los indicadores:

Descripción: esta actividad propone obtener la prioridad de cada criterio es aplicando el método AHP, matriz de análisis jerárquico. Los expertos evalúan la relación de prioridad de un criterio respecto a otro, teniendo en cuenta la escala de valores propuesta por Saaty [60]. Luego se unifican los criterios de todos los expertos con la obtención del vector de prioridad consensuado. Por último, se organizan los criterios según la prioridad establecida.

Entradas: listado de criterios, escala de valores.

Salidas: listado de criterios por prioridad.

Paso 4: Evaluación de los cambios utilizando el método de 2-tuplas lingüísticas:

Descripción: esta actividad propone aplicar el método de 2-tuplas lingüísticas, mediante el cual es posible obtener la evaluación de los criterios, esto se puede llevar a cabo mediante el Operador de Agregación Ponderado (OWA). Los expertos realizan la definición de las etiquetas lingüísticas, emiten sus valoraciones de preferencias para cada criterio, se calcula el valor colectivo de cada criterio. Se obtiene como resultado el impacto respecto a cada solicitud de cambio.

Entradas: listado de criterios.

Salidas: impacto de cada solicitud de cambio.

Paso 5: Tomar decisión:

Descripción: esta actividad se toma la decisión de aceptar o rechazar el cambio, teniendo en cuenta las alternativas. El resultado aportado por el proceso facilita la toma de decisiones, en función de los resultados obtenidos.

Entradas: evaluación global de cada solicitud de cambio.

Salidas: solicitud de cambio aceptada o rechazada.

2.2.9 Determinar el peso ponderado de los criterios para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios

Dependiendo de los conocimientos de los expertos y del dominio del problema en cuestión, la importancia de cada criterio puede variar de una solución a otra. Para asignar los pesos a cada criterio, se propone utilizar la matriz de comparación por pares, para elementos de un mismo nivel del método Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) [91][92][93][94][95]. Los expertos en cada proyecto a través de un juicio comparativo exponen sus valoraciones y mediante la AHP obtener el peso de cada criterio. Luego se utiliza el promedio geométrico para combinar las valoraciones. Finalmente se obtiene un vector de prioridad $W = \{W_k | k \in \{1, \dots, n\}\}$, $W_k \in [0,1]$ que cumple la propiedad $\sum_{k=1}^j w_k = 1$, donde la variable j representa la cantidad de criterios. En la tabla 7 se muestran los criterios.

Tabla 7. Criterios con pesos ponderados. Fuente: Elaboración propia.

Nro	Criterios		Peso ponderado
1	Recursos Humanos	Nivel de conocimientos del rol.	w_1
2		Disponibilidad.	w_2
3		Experiencia.	w_3
4		Cooperación.	w_4
5		Motivación.	w_5
6	Alcance	Propagación del cambio	w_6
7		Complejidad del cambio	w_7
8	Integración	Fase de desarrollo	w_8
9		Partes implicadas.	w_9
10	Tiempo	Variaciones en cronograma.	w_{10}
11	Costo	Variaciones en costo.	w_{11}
12	Riesgos	Nuevos riesgos.	w_{12}
13		Complejidad riesgos.	w_{13}
14	Adquisiciones	Adquisición de un nuevo <i>software</i> .	w_{14}
15		Adquisición de un nuevo <i>hardware</i> .	w_{15}

16	Interesados	Nivel de importancia de los cambios.	w_{16}
Total			$\sum_{k=1}^{16} w_k = 1$

2.2.1 Modelo de evaluación Lingüística 2-tupla

Definición del marco heterogéneo de evaluación

El primer paso para la definición del marco heterogéneo de evaluación es la definición del dominio O conformado por H y H_s , el cual se puede definir como Conjuntos Difusos Dudosos y Expresiones Lingüísticas Comparativas. Donde: y_{kij} como la preferencia emitida por cada experto; SC_k las solicitudes de cambio donde k representa la cantidad de solicitudes de cambios; e_i los expertos que valoran las solicitudes de cambio siendo i la cantidad de expertos; C_j los criterios que caracterizan estas solicitudes de cambio donde j es la cantidad de criterios.

- Conjuntos difusos dudosos (H): $y_{kij} = h_{kij}$. Son comunes para evaluar criterios cuantitativos en ambientes bajo incertidumbre, donde los expertos dudan en la selección de un valor para expresar las preferencias [96] [97].
- Expresiones Lingüísticas Comparativas (Hs): $y_{kij} = h_{kij}$ expresiones lingüísticas para evaluar criterios cualitativos en ambientes bajo incertidumbre donde los expertos dudan entre varios valores para valorar una variable lingüística [98][97].

La unificación en valores lingüísticos se realiza a través de los pasos que se muestran en la figura siguiente:

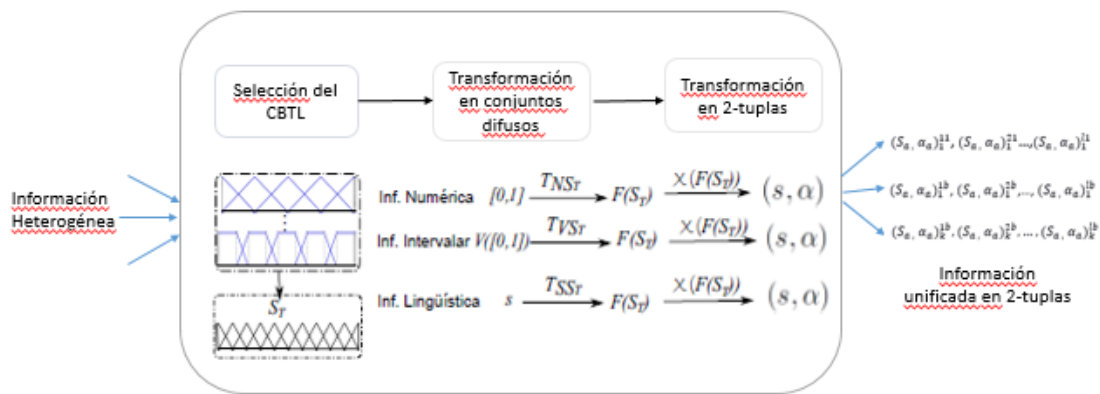


Figura 13. Unificación en valores lingüísticos. Tomado de [56].

Para realizar la unificación de la información que representa las evaluaciones emitidas por los expertos, se selecciona un conjunto de etiquetas denominado Conjunto Básico de Términos Lingüísticos (CBTL) y se simboliza por S_T . La selección del CBTL no es aleatoria, se deben tener en cuenta los diferentes dominios

utilizados en la definición del problema, según las siguientes reglas. Si la semántica de al menos dos CTL es diferente entonces el $CBTL$ es el CTL con el máximo número de términos que una persona puede discriminar [99]:

- Buscar el CTL de máxima granularidad para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, al que se le llamará S_L .
- Si es una partición difusa y las funciones de pertenencia de sus términos son triangulares, $s_i = (a_i, b_i, c_i)$ entonces:
 - Si S_L es el único o todos tienen la misma semántica, entonces $S_T = S_L$.
 - Sino, si la cantidad de etiquetas lingüísticas es 11, entonces $S_T = S^{11} = \{S_0, \dots, S_{10}\}$.

Una vez que la información heterogénea esté expresada de forma uniforme, es necesario transformar los conjuntos difusos sobre el $CBTL$ en 2-tuplas lingüísticas pertenecientes al $CBTL$, para ello es necesario tener en cuenta que el modelo de representación basado en 2-tuplas parte del concepto de traslación simbólica. Como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Preferencias emitidas por los expertos.

Solicitudes de cambios al proyecto	Experto/ Criterio	Criterio C_1	Criterio C_2	Criterio C_3	...	...	Criterio C_j
SC_1	Experto e_1	y_{111}	y_{112}	y_{113}	...	...	y_{11j}
	...	...	...	...	...	...	...
	Experto e_i	y_{1i1}	y_{1i2}	y_{1i3}	...	...	y_{1ij}
...	...	...	...	...	...	...	...
SC_k	Experto e_1	y_{k11}	y_{k12}	y_{k13}	...	...	y_{k1j}
	...	...	...	...	...	...	...
	Experto e_i	y_{ki1}	y_{ki2}	y_{ki3}	...	...	y_{kij}

Tomando en consideración estos conceptos se utilizó la siguiente función para transformar los conjuntos difusos ya obtenidos en 2-tuplas lingüísticas.

La traslación simbólica de un término lingüístico 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 $i \in \{0 \dots, g\}$ que indica el índice de la etiqueta lingüística (S_i) más cercana en S , donde S es un $CBTL$ y S_i es un término lingüístico. Partiendo de este concepto en el trabajo presentado en [85] [100], se desarrolla un modelo de

representación para la información lingüística que utiliza como base la representación 2-tuplas, (S_a, α_a) , donde $S_a \in S$, donde S es un conjunto de términos lingüísticos y $\alpha_a \in [-0,5, 0,5]$ para el cual: S_a representa la etiqueta lingüística, y α_a es un número que expresa el valor de la distancia desde el resultado original al índice de la etiqueta lingüística más cercana a S , es decir, su traslación simbólica [101].

Tabla 9. Preferencias unificadas en 2-tuplas lingüísticas.

Solicitudes de cambios al proyecto	Experto/ Criterio	Criterio C_1	Criterio C_2	Criterio C_3	...	...	Criterio C_j
SC_1	Experto e_1	$(S_a, \alpha_a)_{111}$	$(S_a, \alpha_a)_{112}$	$(S_a, \alpha_a)_{113}$	...	...	$(S_a, \alpha_a)_{11j}$
	...	...	...	...	...	...	...
	Experto e_i	$(S_a, \alpha_a)_{1i1}$	$(S_a, \alpha_a)_{1i2}$	$(S_a, \alpha_a)_{1i3}$	...	...	$(S_a, \alpha_a)_{1ij}$
...	...	...	...	...	...	...	...
SC_k	Experto e_1	$(S_a, \alpha_a)_{k11}$	$(S_a, \alpha_a)_{k12}$	$(S_a, \alpha_a)_{k13}$	...	...	$(S_a, \alpha_a)_{k1j}$
	...	...	...	...	...	...	...
	Experto e_i	$(S_a, \alpha_a)_{ki1}$	$(S_a, \alpha_a)_{ki2}$	$(S_a, \alpha_a)_{ki3}$	...	...	$(S_a, \alpha_a)_{kij}$

El modelo de representación de la información lingüística es soportado por un modelo computacional basado en las funciones Δ y Δ^{-1} , que transforman valores numéricos en 2-tuplas y viceversa sin pérdida de información por lo que los operadores de agregación numéricos tradicionales pueden extenderse a 2-tuplas de forma sencilla con el fin de obtener resultados precisos y proporcionar una representación que facilite su interpretación. Estos operadores serán utilizados para (1) obtener el valor colectivo de cada criterio para cada cambio a partir de la agregación de las preferencias de todos los expertos unificadas en 2-tuplas y para obtener (2) la exposición que tiene cada cambio para el proyecto a partir de la agregación de las preferencias de todos sus criterios. El método es flexible porque permite elegir un agrupamiento según las características del problema, las necesidades del decisor y los resultados que se desean obtener. A continuación, se presentan algunos de los operadores de agregación (**AGOP**) para 2-tuplas que podrán ser utilizados en el método para la fusión de las preferencias de los expertos [85] [96]:

- Media Aritmética Extendida (MAE)

Este operador permite determinar el punto de equilibrio o centro del conjunto de valores. Para un conjunto de 2-tuplas $X = \{(S_i, \alpha_1) \dots, (S_n, \alpha_n)\}$ y n representa el total de criterios emitidos por los expertos. La extensión de este operador se obtiene de la siguiente manera:

$$e^{-x}(x) = \Delta\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta^{-1}((S_i, \alpha_i))\right) = \Delta\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i\right) \quad (12)$$

- Media Ponderada Extendida (MPE)

La media ponderada permite que los valores x_i tengan diferente importancia, para lo cual cada valor x_i debe tener un peso asociado w_i que remarca su importancia. De modo que para un conjunto de 2-tuplas $X = \{(S_i, \alpha_1) \dots, (S_n, \alpha_n)\}$ con un vector de pesos asociado a cada 2-tupla $W = (w_1, \dots, w_n)$. La extensión del operador se obtiene como se muestra:

$$e^{-w}(x) = \Delta\left(\frac{\sum_{i=1}^n \Delta^{-1}(S_i, \alpha_i) \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}\right) = \Delta\left(\frac{\sum_{i=1}^n \beta_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}\right) \quad (13)$$

- Operador de Agregación Ponderado (OWA)

Es un operador de agregación ponderado, en el cuál, los pesos no están asociados a un valor predeterminado sino a una posición determinada. De manera que si se tiene un conjunto de 2-tuplas $X = \{(S_i, \alpha_1) \dots, (S_n, \alpha_n)\}$ y $W = (w_1, \dots, w_n)$ es su vector de pesos asociado tal que $w_1 = 1$, la extensión del operador se obtiene como se muestra [102]:

$$OWA(x) = \Delta\left(\sum_{j=1}^n w_j \cdot \beta_j\right) \quad (14)$$

Donde β_j es el j – ésimo mayor valor de los $\Delta^{-1}(S_i, \alpha_i)$.

Luego de ser agregadas las evaluaciones de los expertos se procede a calcular los valores del impacto de cada criterio sobre el proyecto, Tabla 10. Esta información constituye el elemento principal para tomar decisiones respecto a aceptar o no un cambio solicitado en el proyecto.

Tabla 10. Valores colectivos para cada solicitud de cambio

Solicitudes de cambios al proyecto	Experto/Criterio	Criterio C_1	Criterio C_2	Criterio C_3	...	...	Criterio C_j	Valores colectivos
SC_1	Experto e_1	$(S_a, \alpha_a)_{111}$	$(S_a, \alpha_a)_{112}$	$(S_a, \alpha_a)_{113}$	...	...	$(S_a, \alpha_a)_{11j}$	$(S_v, \alpha_v)_{11j}$
	...	...	...	...	...	...	...	...
	Experto e_i	$(S_a, \alpha_a)_{1i1}$	$(S_a, \alpha_a)_{1i2}$	$(S_a, \alpha_a)_{1i3}$	...	...	$(S_a, \alpha_a)_{1ij}$	$(S_v, \alpha_v)_{1ij}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
SC_k	Experto e_1	$(S_a, \alpha_a)_{k11}$	$(S_a, \alpha_a)_{k12}$	$(S_a, \alpha_a)_{k13}$	...	...	$(S_a, \alpha_a)_{k1j}$	$(S_a, \alpha_a)_{k1j}$
	...	...	...	...	...	...	...	...
	Experto e_i	$(S_a, \alpha_a)_{ki1}$	$(S_a, \alpha_a)_{ki2}$	$(S_a, \alpha_a)_{ki3}$	...	...	$(S_a, \alpha_a)_{kij}$	$(S_a, \alpha_a)_{kij}$

2.3 Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se propone un método para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos que utiliza el método de 2-tuplas lingüísticas. El método permite el tratamiento de la incertidumbre y manejar la información heterogénea emitidas por múltiples expertos en sus valoraciones sin pérdida de información. Permite definir un marco para realizar la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, recopilar la información de los expertos, y por último realizar el análisis a partir de obtener las preferencias colectivas de los expertos asociadas a cada riesgo y de calcular un resultado que indique la valoración global de la exposición de las solicitudes de cambios, usando para ello el operador ponderado extendido. Según el análisis de las potencialidades y limitaciones de la propuesta, se llega a las siguientes conclusiones:

- Existe la necesidad del empleo de indicadores para la evaluación del impacto de los cambios, lo cual proporciona métodos objetivos para caracterizar las condiciones del proyecto y evaluar el efecto de los cambios; generalmente enfocados a personas, producto y proceso, basados en estos indicadores y fundamentados en las experiencias.
- Con la implementación de la propuesta los directivos podrán orientar acciones que garanticen enfrentar en mejores condiciones las solicitudes de cambios y así no llevar a cabo cambios que afectan los factores de éxito, sino solo aquellos que no tienen gran repercusión.

CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DEL MÉTODO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1 Introducción

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos con la aplicación de la propuesta, utilizando el modelo 2-tuplas lingüísticas con la evaluación del impacto de los cambios en tres proyectos en la UCI. Se expone cómo fue aplicada la solución a un proyecto y se especifican los resultados obtenidos en dos de estos proyectos. A partir de estos datos se realiza un análisis comparativo de los tres proyectos evaluados, quedando demostrado que es viable la aplicación del método propuesto.

3.2 Aplicación de la propuesta a un caso de estudio

El método propuesto se aplica en el Centro de Informatización de la Gestión Documental de la UCI, para este caso se seleccionó una muestra de tres proyectos. En este ejemplo se presenta un caso de estudio de un proyecto encaminado a informatizar y organizar los procesos documentales de las empresas.

Para la aplicación del método propuesto se realiza un encuentro con el comité de control de cambios del proyecto y directivos del centro con el objetivo de explicar en qué consiste el método, sus pasos y los principales involucrados.

Selección de los expertos para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios

El cliente durante la fase de desarrollo formaliza tres solicitudes de cambios (SC) a los requerimientos debido a imprecisiones en la etapa de implementación. Para el análisis de este proyecto se consideraron como evaluadores el conjunto de expertos $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6\}$, integrantes del comité de control de cambios y dos directivos del centro. Los expertos cumplen con los siguientes requerimientos:

- El 75% tienen más de 5 años de experiencia como miembros de equipos de desarrollo del *software*.
- El 50% tienen experiencia como desarrolladores de sistemas.
- El 60% tienen experiencia como líderes de proyectos.

Selección de los criterios para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios

Una vez definidos los expertos que evaluarán el proyecto se definen los criterios que serán evaluados. Teniendo en cuenta las características específicas del proyecto, la lista de criterios obtenida en el apéndice 2.2.1, los expertos seleccionaron los siguientes criterios para evaluar el impacto.

Nivel de conocimientos del rol, Disponibilidad, Experiencia, Integración, Motivación, Propagación del cambio, Complejidad del cambio, Fase de desarrollo, Partes implicadas, Variaciones en cronograma, Variaciones en costo, Nuevos riesgos, Complejidad nuevos riesgos, Adquisición de un nuevo software, Adquisición de un nuevo hardware, Nivel de importancia para los interesados.

Determinar el peso ponderado de los criterios para la evaluación del impacto

La importancia de cada criterio depende del dominio en cuestión, del conocimiento de los expertos y de las características específicas del proyecto en el momento en que se evalúa. Para ponderar estos criterios se utiliza el proceso Analítico Jerárquico. Cada experto evaluó, a través de la matriz de comparación por pares, la relación de prioridad de un criterio respecto a otro, teniendo en cuenta la escala de valores propuesta por Saaty. Luego se realiza una valorización de la matriz, midiendo la consistencia de cada decisor al emitir su juicio. Por último, se unifican los criterios de todos los expertos con la obtención del vector de prioridad consensuado. Por último, se organizan los criterios según la prioridad establecida. En la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 11. Criterio para la evaluación del impacto de cambios ponderado. Fuente: Elaboración propia.

Criterios				Peso
1	Recursos Humanos	Nivel de conocimientos del rol	c_1	0.09
2		Disponibilidad	c_2	0.09
3		Experiencia	c_3	0.06
4		Integración	c_4	0.02
5		Motivación	c_5	0.04
6	Alcance	Propagación del cambio	c_6	0.09
7		Complejidad del cambio	c_7	0.08
8	Integración	Fase de desarrollo FD	c_8	0.09
9		Partes implicadas	c_9	0.09
10	Tiempo	Variaciones en cronograma	c_{10}	0.08
11	Costes	Variaciones en costo	c_{11}	0.08
12	Riesgos	Nuevos riesgos	c_{12}	0.02
13		Complejidad nuevos riesgos	c_{13}	0.08
14	Adquisiciones	Adquisición de un nuevo <i>software</i>	c_{14}	0.02
15		Adquisición de un nuevo <i>hardware</i>	c_{15}	0.02
16	Interesados	Nivel de importancia para los interesados	c_{16}	0.06

Los expertos expusieron sus valores de preferencias, los cuales fueron unificados y expresados en el dominio lingüístico de 2-tuplas. Para expresar sus preferencias se utilizó el vector de utilidad $X = (X_j^{k1}, \dots, X_j^{ki})$ donde X_j^{ki} representa la preferencia del experto e_i sobre el cambio SC_k de acuerdo al criterio c_j . En la Tabla 12 se muestran la evaluación de los indicadores para cada uno de los criterios.

Tabla 12. Evaluaciones expresadas por los expertos para cada uno de los indicadores. Fuente: Elaboración propia.

Solicitudes de cambios al proyecto	Experto/ Criterio	c_1	c_2	c_3	c_{41}	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9	c_{10}	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{14}	c_{15}	c_{16}
SC ₁	Experto 1	A	M	B	A	M	MB	A	A	M	A	B	M	MA	B	M	A
	Experto 2	M	B	MA	M	M	B	MA	M	A	A	M	B	MA	B	M	B
	Experto 3	A	A	M	A	B	M	A	M	B	A	M	MB	MA	B	M	M
	Experto 4	M	MB	A	B	MB	MB	A	A	M	MA	B	M	MA	B	M	MB
	Experto 5	A	A	M	MA	B	M	A	A	M	MA	B	M	MA	B	M	M
	Experto 6	MA	M	A	A	M	B	A	A	M	MA	B	M	MA	B	M	B
SC ₂	Experto 1	A	M	A	B	A	A	MA	B	M	B	A	A	MA	B	M	A
	Experto 2	M	MA	A	M	M	MA	MA	B	M	B	A	A	MA	B	M	MA
	Experto 3	M	A	B	B	M	M	A	B	B	M	M	M	MB	B	M	M
	Experto 4	MB	B	M	A	M	B	A	B	B	M	M	B	M	MB	M	MA
	Experto 5	MA	M	MA	A	MA	B	A	B	B	M	M	M	B	M	B	B
	Experto 5	B	B	M	B	MA	B	B	M	MB	M	MB	B	B	A	A	A
SC ₃	Experto 1	M	MA	B	B	M	B	A	B	B	M	M	M	B	M	B	M
	Experto 2	MA	MA	M	A	M	A	MB	MB	B	M	MB	B	M	MB	A	A
	Experto 3	A	MB	MA	M	MB	B	B	A	A	B	M	MB	B	M	A	A
	Experto 4	B	A	A	A	B	MB	MB	B	M	MB	B	M	MB	B	M	M
	Experto 5	M	B	A	A	B	M	B	A	A	B	M	MB	B	M	A	MB
	Experto 5	A	M	A	M	B	B	M	B	B	M	A	M	A	A	A	A

Las etiquetas lingüísticas definidas para cada uno de los criterios están dadas por $S_t = \{N; MB; B; M; A; MA; MX\}$. De esta forma el conjunto de términos lingüísticos utilizado en las variables lingüísticas se encuentra formado por una estructura de etiquetas ordenadas de la siguiente manera: $S_0 = N = \text{Nulo}$; $S_1 = MB = \text{Muy Bajo}$; $S_2 = B = \text{Bajo}$; $S_3 = M = \text{Medio}$; $S_4 = A = \text{Alto}$; $S_5 = MA = \text{Muy Alto}$; $S_6 = MX = \text{Máximo}$. En este conjunto $S_i < S_j$ si y sólo si $i < j$, como se muestra en la figura 12.

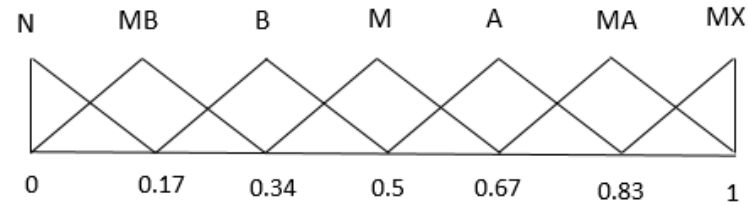


Figura 14. Términos lingüísticos utilizadas por los expertos. Fuente. Elaboración propia.

Con el objetivo de poder procesar las evaluaciones realizadas por los expertos se procede a transformar la evaluación a la representación lingüística de 2-tuplas, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Evaluaciones de los expertos transformadas a la representación lingüística 2-tuplas. Fuente: Elaboración propia.

Solicitudes de cambios al proyecto	Experto/	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
	Criterio																
SC ₁	Experto 1	0.67	0.5	0.34	0.67	0.5	0.17	0.67	0.67	0.5	0.67	0.34	0.5	0.83	0.34	0.5	0.67
		(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)
	Experto 2	0.5	0.34	0.83	0.5	0.5	0.34	0.83	0.5	0.67	0.67	0.5	0.34	0.83	0.17	0.5	0.34
		(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)
	Experto 3	0.67	0.67	0.5	0.67	0.34	0.5	0.67	0.5	0.17	0.67	0.5	0.83	0.87	0.17	0.5	0.5
		(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₃ ,0)
	Experto 4	0.5	0.17	0.67	0.34	0.17	0.17	0.67	0.67	0.5	0.83	0.34	0.5	0.83	0.17	0.5	0.17
		(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)
	Experto 5	0.67	0.67	0.5	0.83	0.17	0.5	0.67	0.67	0.5	0.83	0.34	0.5	0.83	0.17	0.5	0.5
		(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₃ ,0)
	Experto 6	0.83	0.5	0.67	0.67	0.5	0.17	0.67	0.67	0.5	0.83	0.17	0.5	0.83	0.17	0.5	0.34
		(S ₅ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)

Resultado de la agregación de la evaluación de los expertos (Lingüística y numérica)		0.64	0.48	0.59	0.61	0.36	0.31	0.70	0.61	0.47	0.75	0.37	0.53	0.84	0.20	0.50	0.42
		(S4,-0.03)	(S3,-0.02)	(S3,0.09)	(S4,-0.07)	(S2,0.02)	(S2,0.03)	(S4,0.03)	(S4,-0.06)	(S3,-0.03)	(S5,-0.08)	(S2,0.03)	(S3,0.03)	(S5,0.01)	(S2,0.03)	(S3,0)	(S4,-0.08)
SC2	Experto 1	0.67	0.5	0.67	0.34	0.67	0.67	0.83	0.34	0.5	0.34	0.67	0.67	0.83	0.17	0.5	0.67
		(S4,0)	(S3,0)	(S4,0)	(S2,0)	(S4,0)	(S4,0)	(S5,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S2,0)	(S4,0)	(S4,0)	(S5,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S4,0)
	Experto 2	0.5	0.83	0.67	0.5	0.5	0.83	0.83	0.34	0.5	0.34	0.67	0.67	0.83	0.17	0.5	0.83
		(S3,0)	(S5,0)	(S4,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S5,0)	(S5,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S2,0)	(S4,0)	(S4,0)	(S5,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S5,0)
	Experto 3	0.5	0.67	0.34	0.34	0.5	0.5	0.67	0.34	0.34	0.5	0.5	0.5	0.17	0.17	0.5	0.5
		(S3,0)	(S4,0)	(S2,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S4,0)	(S2,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S1,0)	(S3,0)	(S3,0)
	Experto 4	0.17	0.34	0.5	0.67	0.5	0.34	0.67	0.17	0.34	0.5	0.5	0.34	0.5	0.87	0.5	0.83
		(S1,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S4,0)	(S3,0)	(S2,0)	(S4,0)	(S2,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S3,0)	(S5,0)
	Experto 5	0.83	0.5	0.87	0.67	0.83	0.34	0.67	0.17	0.17	0.5	0.5	0.5	0.34	0.5	0.34	0.34
		(S5,0)	(S3,0)	(S5,0)	(S4,0)	(S5,0)	(S2,0)	(S4,0)	(S1,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S2,0)	(S2,0)
	Experto 6	0.5	0.17	0.34	0.34	0.67	0.67	0.17	0.5	0.17	0.5	0.17	0.34	0.34	0.67	0.67	0.67
		(S3,0)	(S1,0)	(S2,0)	(S2,0)	(S4,0)	(S4,0)	(S1,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S2,0)	(S2,0)	(S4,0)	(S4,0)	(S4,0)
Resultado de la agregación de la evaluación de los expertos (Lingüística y numérica)		0.53	0.50	0.57	0.48	0.61	0.56	0.64	0.31	0.34	0.45	0.50	0.50	0.50	0.43	0.50	0.64
		(S3,0.03)	(S3,0)	(S3,0.07)	(S3,-0.02)	(S4,-0.06)	(S3,0.06)	(S4,-0.03)	(S2,-0.03)	(S2,0)	(S3,-0.05)	(S3,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S3,-0.07)	(S3,0)	(S4,-0.03)
SC3	Experto 1	0.5	0.83	0.17	0.17	0.5	0.17	0.67	0.34	0.34	0.5	0.5	0.5	0.34	0.5	0.34	0.5
		(S3,0)	(S5,0)	(S2,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S4,0)	(S2,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S2,0)	(S3,0)
	Experto 2	0.87	0.87	0.5	0.67	0.5	0.67	0.17	0.17	0.34	0.5	0.87	0.34	0.5	0.17	0.67	0.67
		(S5,0)	(S5,0)	(S3,0)	(S4,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S1,0)	(S1,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S4,0)	(S4,0)
	Experto 3	0.34	0.17	0.83	0.5	0.84	0.17	0.17	0.67	0.67	0.34	0.5	0.17	0.34	0.5	0.67	0.67
		(S2,0)	(S1,0)	(S5,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S1,0)	(S1,0)	(S4,0)	(S4,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S4,0)	(S4,0)
	Experto 4	0.5	0.67	0.67	0.67	0.34	0.17	0.17	0.34	0.5	0.17	0.34	0.5	0.17	0.34	0.5	0.5
		(S2,0)	(S4,0)	(S4,0)	(S4,0)	(S2,0)	(S1,0)	(S1,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S3,0)
	Experto 5	0.67	0.34	0.67	0.67	0.34	0.5	0.34	0.67	0.67	0.34	0.5	0.83	0.34	0.5	0.67	0.17
		(S3,0)	(S2,0)	(S4,0)	(S4,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S2,0)	(S4,0)	(S4,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S1,0)	(S2,0)	(S3,0)	(S4,0)	(S1,0)

	Experto 6	0.17	0.5	0.67	0.5	0.34	0.34	0.5	0.34	0.34	0.5	0.67	0.5	0.67	0.67	0.67	0.34
		(S ₁ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₂ ,0)
Resultado de la agregación de la evaluación de los expertos (Lingüística y numérica)		0.51	0.56	0.59	0.53	0.48	0.34	0.34	0.42	0.48	0.39	0.56	0.47	0.39	0.45	0.59	0.48
		(S ₃ ,0.01)	(S ₃ ,0.06)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,0.03)	(S ₃ ,0.02)	(S ₂ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0.08)	(S ₃ ,0.02)	(S ₂ ,0.05)	(S ₃ ,0.06)	(S ₃ ,0.03)	(S ₂ ,0.05)	(S ₃ ,0.05)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,0.02)

Partiendo de que se pretende manejar las preferencias de múltiples expertos, es necesario determinar el valor colectivo de los criterios para cada solicitud de cambio, denotado en este caso por la 2-tupla $(S_b, \alpha_b)_j^k$. Para obtener este valor colectivo se utiliza el operador de agregación media aritmética ponderada extendida, pues permite que los valores x_i tengan diferente importancia, para lo cual cada valor x_i debe tener un peso asociado w_i que remarca su importancia, empleando la fórmula:

$$e^{-w}(x) = \Delta\left(\frac{\sum_{i=1}^n \Delta^{-1}(S_i, \alpha_i) \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}\right) = \Delta\left(\frac{\sum_{i=1}^n \beta_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}\right) \quad (15)$$

El resultado del proceso de agregación se muestra en la Tabla 14. Luego de ser agregadas las evaluaciones de los expertos se procede a calcular los valores del impacto global de cada criterio sobre el proyecto. Esta información constituye el elemento principal para tomar decisiones respecto a aceptar o no un cambio solicitado en el proyecto.

Tabla 14. Agregación de los criterios. Fuente: Elaboración propia.

Cambios propuestos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	Resultados
SC1	(S4,-0.03)	(S3,-0.02)	(S3,0.09)	(S4,-0.07)	(S2,0.02)	(S2,0.03)	(S4,0.03)	(S4,-0.06)	(S3,-0.03)	(S5,-0.08)	(S2,0.03)	(S3,0.03)	(S5,0.01)	(S2,0.03)	(S3,0)	(S4,-0.08)	(S3,0.05)
SC2	(S3,0.03)	(S3,0)	(S3,0.07)	(S3,-0.02)	(S4,-0.06)	(S3,0.06)	(S4,-0.03)	(S2,-0.03)	(S2,0)	(S3,-0.05)	(S3,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S3,0)	(S3,-0.07)	(S3,0)	(S4,-0.03)
SC3	(S3,0.01)	(S3,0.06)	(S3,0.09)	(S3,0.03)	(S3,-0.02)	(S2,0)	(S2,0)	(S3,-0.08)	(S3,-0.02)	(S2,0.05)	(S3,0.06)	(S3,-0.03)	(S2,0.05)	(S3,-0.05)	(S3,0.09)	(S3,-0.02)	(S2,0.04)

El valor colectivo de cada una de las solicitudes de cambios permite a los decisores obtener una evaluación para cada solicitud de cambio. Para este caso analizado las tres solicitudes de cambios tienen impacto bajo, por lo cual el comité de control de cambios teniendo en cuenta que el impacto será bajo puede decidir incorporarla en el próximo punto de revisión o en el momento que sea conveniente, teniendo cuenta la importancia y necesidad definida para los interesados.

Evaluación del método en diferentes fases del ciclo de desarrollo

Para evaluar los ***cambios en el tiempo*** se tuvieron en cuenta las preferencias en otro momento de decisión, manteniendo fijos las alternativas y los criterios evaluados para analizar como esto puede influir en la valoración final. En este caso se evaluó la solicitud de cambio en la etapa de implementación, como muestra la tabla 15, en la cual el proyecto contaba con otras condiciones.

En el Anexo 6 se muestran las preferencias emitidas por los expertos. El resultado del proceso de agregación se muestra en Anexo 7. Luego de ser agregadas las evaluaciones de los expertos se procede a calcular los valores del impacto global de cada criterio sobre el proyecto como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Evaluación dinámica del método Proyecto 1, Fase Implementación. Fuente: Elaboración propia.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	Resultados
SC ₁	0.50	0.50	0.56	0.50	0.50	0.75	0.83	0.75	0.50	0.67	0.58	0.56	0.64	0.50	0.64	0.61	0.62
	(S ₃ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₃ ,0.06)	(S ₃ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₅ ,-0.08)	(S ₅ ,0)	(S ₅ ,-0.08)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0.08)	(S ₃ ,0.06)	(S ₄ ,-0.03)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,-0.03)	(S ₄ ,-0.08)	(S ₄ ,-0.05)
SC ₂	0.69	0.69	0.73	0.64	0.75	0.67	0.78	0.56	0.58	0.64	0.69	0.69	0.75	0.56	0.64	0.67	0.52
	(S ₃ ,0.03)	(S ₃ ,0)	(S ₃ ,0.07)	(S ₃ ,-0.02)	(S ₄ ,-0.06)	(S ₃ ,0.06)	(S ₄ ,-0.03)	(S ₂ ,-0.03)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,-0.05)	(S ₃ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₃ ,-0.07)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,-0.03)	(S ₂ ,0.05)
SC ₃	0.70	0.62	0.61	0.59	0.61	0.45	0.45	0.56	0.59	0.50	0.65	0.56	0.50	0.53	0.64	0.67	0.67
	(S ₃ ,0.01)	(S ₃ ,0.06)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,0.03)	(S ₃ ,-0.02)	(S ₂ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,-0.08)	(S ₃ ,-0.02)	(S ₂ ,0.05)	(S ₃ ,0.06)	(S ₃ ,-0.03)	(S ₂ ,0.05)	(S ₃ ,-0.05)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,-0.02)	(S ₄ ,0)

Para el proyecto II también se realizó el análisis del impacto de los cambios en dos momentos diferentes, uno en la fase de Inicio, y otro en la Fase de implementación, la tabla 16 y 17 muestran los resultados obtenidos.

Tabla 16. Evaluación dinámica del método Proyecto 2 Fase Inicio. Fuente: Elaboración propia.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	Resultados
SC ₁	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.20	0.20	0.20	0.23	0.23	0.26	0.26	0.20	0.17	0.17	0.20
	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0.03)	(S ₁ ,0.06)	(S ₁ ,0.06)	(S ₁ ,0.09)	(S ₁ ,0.09)	(S ₁ ,0.03)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.03)
SC ₂	0.17	0.20	0.17	0.17	0.20	0.17	0.17	0.20	0.17	0.17	0.20	0.17	0.20	0.17	0.14	0.20	0.18
	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,-0.03)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0.01)
SC ₃	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)

Tabla 17. Evaluación dinámica del método Proyecto 2 Fase Implementación. Fuente: Elaboración propia.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	Resultados
SC ₁	0.46	0.61	0.46	0.61	0.46	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.59
	(S ₁ ,0)	(S ₄ ,-0.06)	(S ₁ ,0)	(S ₄ ,-0.06)	(S ₁ ,0)	(S ₄ ,-0.06)	(S ₄ ,-0.06)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,0.09)	(S ₃ ,0.09)	(S ₄ ,-0.05)
SC ₂	0.83	0.83	0.83	0.83	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.80
	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0.3)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,-0.03)	(S ₁ ,0.3)	(S ₂ ,0.05)
SC ₃	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.62
	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₄ ,0)

Los resultados muestran las variaciones ocurridas durante la evaluación de los criterios por los expertos. Las evaluaciones realizadas en diferentes momentos de decisión y etapas del proyecto mostraron resultados diferentes teniendo en cuenta que las condiciones para el proyecto pudieron variar, atendiendo además a la etapa de desarrollo en que se encuentra el proyecto en el momento de evaluación. La revisión de los resultados mostró que el impacto de las solicitudes de cambios en cada proyecto tuvo una variación, los resultados del análisis de impacto en la etapa de inicio respecto a la fase de implementación. Las variaciones en el impacto de una fase a otra se deben a que, usualmente, en la fase de inicio los elementos que se pudieran afectar tienen impacto mayor en la medida que avanza el proyecto. En las fases posteriores cualquier variabilidad de los mismos tiene mayor impacto sobre las variables sensibles del proyecto, y por tanto son analizadas con un mayor peso sobre la evaluación del impacto de los cambios. Este comportamiento es lo lógico y es la tendencia según su aplicación en tres proyectos diferentes.

En la siguiente tabla, Tabla 18, se muestra un resumen de las evaluaciones realizadas a cada proyecto en la fase de Inicio y luego otra en la Fase de Implementación.

Tabla 18. Resumen de las evaluaciones dinámicas en cada proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Proyecto 1		Proyecto 2		Proyecto 3	
Fase Inicio	Fase Implementación	Fase Inicio	Fase Implementación	Fase Inicio	Fase Implementación
0.53, ($S_3, 0.05$), Impacto Medio	0.62, ($S_4, -0.05$), Impacto Alto	0.20, ($S_1, 0.03$), Impacto Muy Bajo	0.59, ($S_4, -0.05$), Impacto Medio	0.23, ($S_1, 0.06$), Impacto Muy Bajo	0.50, ($S_3, 0.05$), Impacto Medio
0.38, ($S_2, 0.04$), Impacto Bajo	0.52, ($S_3, 0.05$), Impacto Medio	0.18, ($S_1, 0.01$), Impacto Muy Bajo	0.80, ($S_5, -0.03$), Impacto Alto	0.20, ($S_1, 0.03$), Impacto Muy Bajo	0.35, ($S_2, 0.01$), Impacto Bajo
0.38, ($S_2, 0.04$), Impacto Bajo	0.67, ($S_4, 0$), Impacto Alto	0.17, ($S_1, 0$), Impacto Muy Bajo	0.62, ($S_4, -0.05$), Impacto Alto	0.19, ($S_1, 0.02$), Impacto Muy Bajo	0.67, ($S_4, 0$), Impacto Alto

Homologación con modelos y escuelas de gestión de proyectos.

Para contribuir con la validación de la propuesta se incluye la propuesta de solución en la comparación con las diferentes escuelas y estándares de gestión de proyectos. La tabla 19 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 19. Homologación con modelos y escuelas de gestión de proyectos. Fuente: Elaboración propia.

Escuelas de Dirección de Proyectos	Propone evaluar los cambios	Describe método, procesos o procedimiento para evaluar los cambios.	Propone el análisis de información heterogénea emitidas por varios expertos	Propone criterios para evaluar los cambios	Herramientas Técnicas. y	Análisis cualitativo o cuantitativo de cambios

PMBOK	Sí	No	Sí	No	Sí	No
CMMI	Sí	No	No	No	Sí	No
PRINCE2	Sí	No	No	No	No	No
ISO 21500:2012	Sí	No	No	No	No	No
ISO 10006:2017	Sí	No	No	No	No	No
Norma Cubana para la Gestión de Proyectos	Sí	No	No	No	No	No
Programa de Mejora de la UCI	Sí	No	No	Sí	Sí	No
MoProSoft	Sí	No	No	No	No	No
MPS.BR	Sí	No	No	Sí	No	No
Solución propuesta	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Como resultado de esta comparación, se puede apreciar que la propuesta de solución, al tener en cuenta el manejo de la incertidumbre y prever la pérdida de información, contribuye de forma más certera, a la toma de decisiones. Además de proponer variables específicas para la evaluación del impacto de cambios, basado en computación con palabras, facilitando la toma de decisiones relacionada con las solicitudes de cambios y permitiendo además la homologación con modelos nacionales e internacionales

Validación de la variable independiente

La validación del método propuesto para el análisis del impacto de las solicitudes de cambios, desde el punto de vista teórico, y teniendo en cuenta las posibilidades de aplicación práctica durante la gestión de proyectos, en la medida en que sea implantado y generalizado le dará valor a la solución propuesta.

Para la validación de la propuesta se utilizó el método multicriterio basado en los aspectos cualitativos evaluados por expertos, con el objetivo de verificar la consistencia del método que se propone, para lo que se utilizó el coeficiente de concordancia de *Kendall* (W) y el estadígrafo *Chi cuadrado* [103].

Para la aplicación del método fue necesario en primer lugar definir el objetivo de la evaluación y luego se seleccionaron los expertos teniendo en cuenta:

- Disposición a participar en la investigación.
- Competencia profesional, creatividad.
- Años de experiencia en la gestión de proyectos.
- Conocimientos acerca de la evaluación de los cambios en el *software*.
- Capacidad de análisis y de pensamiento.
- Espíritu colectivista y autocrítico expresada con la propia actitud para participar y realizar autoevaluaciones de sus conocimientos sobre el tema y las fuentes de argumentación.

Luego se procedió a la elaboración del cuestionario y finalmente el procesamiento de los criterios recogidos en la evaluación, lo que permitió determinar el índice de aceptación de la solución. En los siguientes acápite se presenta una síntesis de la aplicación de este método.

Para la selección de los candidatos se tuvo en cuenta a las personas con dominio en esta temática, tanto desde el punto de vista teórico como práctico.

Para determinar el coeficiente de competencia de los expertos se aplicó la encuesta que muestra el Anexo 8 y para determinar el grado de influencia de cada fuente en los expertos se utilizó la escala que muestra el Anexo 10.

A partir de los criterios emitidos por el personal preseleccionado, Anexo 11, se procedió a determinar el Coeficiente de competencia experta o Coeficiente K, utilizando la siguiente fórmula, Anexo 12:

$$K = \frac{(K_c + K_a)}{2} \quad (16)$$

K_c se refiere al conocimiento que tiene el experto sobre el análisis la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios.

K_a es el denominado coeficiente de argumentación, referido a las fuentes de argumentación a partir de las cuales ha logrado ese conocimiento.

Se utiliza la siguiente clasificación de los expertos según su índice de competencia (K):

Si $0,8 < K < 1.0$ entonces el coeficiente de competencia es alto.

Si $0,5 < K < 0,8$ entonces el coeficiente de competencia es medio.

Si $K < 0,5$ entonces el coeficiente de competencia es bajo.

Una vez determinado el coeficiente de competencia de cada experto, se seleccionaron diez expertos que contaban con un índice alto, lo que permitió una mayor confiabilidad en las consideraciones que emitieron sobre el método a evaluar.

Para la elaboración del cuestionario se definieron los indicadores a medir teniendo en cuenta la operacionalización realizada a la variable independiente: "Método para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios". La calificación se puede expresar de forma cuantitativa o cualitativa para cada criterio definido utilizando una escala numérica del 1 a 5 o una escala cualitativa con los valores: inadecuado, poco adecuado, adecuado, bastante adecuado y muy adecuado. En el Anexo 13 se encuentra disponible la encuesta.

Luego de tener la valoración realizada por los expertos de los aspectos presentados se procede a calcular el coeficiente de Kendall (W) que permite analizar la concordancia entre estas valoraciones. Para

determinar este coeficiente se considera C como el número de criterios que van a evaluarse, E es el número de expertos que realizan la evaluación y S representa el cuadrado de las desviaciones medias.

$$W = \frac{12S}{E^2(C^3 - C)} \quad (17)$$

El valor de W se encuentra entre 0 y 1, donde el valor de 1 significa una concordancia total y el valor de 0 un desacuerdo total. En el Anexo 14 se encuentra disponible el cálculo del coeficiente de concordancia. Se aplica además la prueba de significación de hipótesis para comprobar el grado de significación de *Kendall*, planteándose la hipótesis nula y la alternativa de la siguiente forma: donde H_0 significa que no existe concordancia entre los expertos y H_1 que existe concordancia entre los expertos. El cálculo del *Chi cuadrado* real se realiza a través de la siguiente expresión:

$$X^2 = E(C - 1) W \quad (18)$$

El resultado del cálculo de *Chi cuadrado* demostró la concordancia entre los expertos, cumpliéndose que $X^2 \text{ real} < X^2 (\alpha, C-1)$, demostrando la validez de la hipótesis alternativa H_1 .

De los indicadores analizados se muestra en la Figura 15 un resumen de los resultados obtenidos:

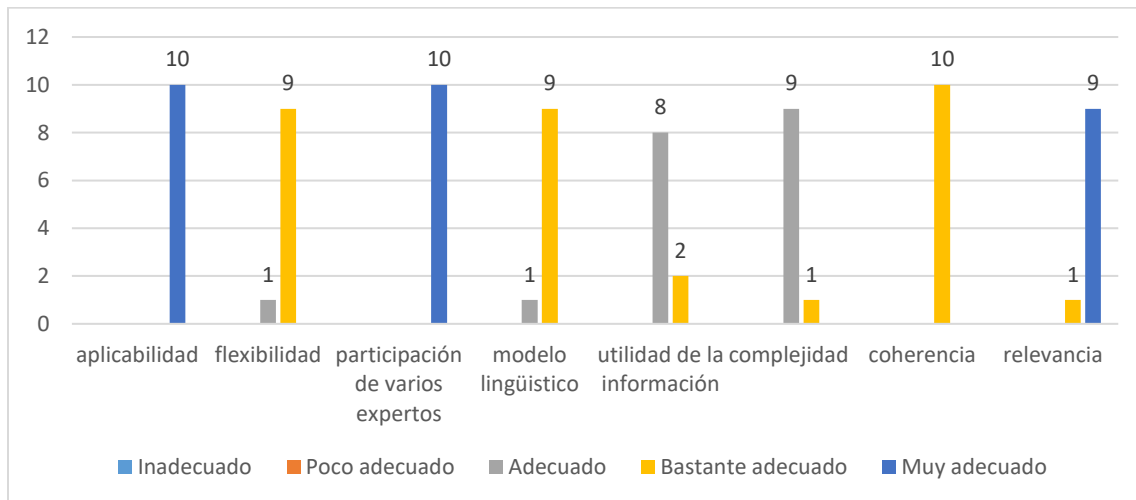


Figura 15. Evaluación de los expertos para los indicadores de validación. Fuente. Elaboración propia.

Sobre los indicadores evaluados, de forma general existe un consenso por los expertos, en que la evaluación del impacto de las solicitudes de cambio es relevante para la gestión de proyectos. El método posee una coherencia bastante adecuada y su complejidad es considerada por los expertos como adecuada. Evaluaron la información de utilidad adecuada. El empleo del método 2-tuplas lingüísticas bastante adecuado y como un elemento apreciable la participación de varios expertos.

3.2.1 Valoración social y económica

La solución propuesta tiene impacto social al beneficiar los centros de desarrollo, donde se gestionan gran cantidad de proyectos anualmente y gran mayoría se enfrentan a solicitudes de cambios. Contribuir a la toma de decisiones para aceptar o rechazar un cambio, incidir sobre las situaciones negativas e insatisfacciones tanto de los clientes como del equipo de desarrollo, al tomar decisiones más reales sobre los cambios que afectan el éxito del proyecto. Favorecer a los usuarios que trabajan en los proyectos al disminuir el tiempo y esfuerzo empleados por estos para en el momento de tomar decisiones. Incidir sobre el proceso de gestión de los cambios, el cual se realiza de forma ágil y cómoda. Incluir información heterogénea brindada por varios expertos y posibilitando el tratamiento de la incertidumbre. Contribuir con el proceso de mejora de la universidad con la definición de un método para el análisis de impacto de cambios. Favorecer el cumplimiento del tiempo de duración establecido para el proyecto al estimar el impacto de un cambio con mayor exactitud. Contribuir al éxito del proyecto de *software* con repercusión en más ingresos y más clientes. Garantizar el cumplimiento del presupuesto establecido para el proyecto al tener estimaciones más exactas en caso de solicitud de cambio. Garantizar un mayor uso de las matrices de trazabilidad como herramientas para la gestión proyectos al plantear su necesidad dentro del método para evaluar el impacto de cambios.

Su importancia en el orden económico se encuentra evidenciada en la implementación de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Estado [105] en el panorama cubano actual, como contribución a la gestión de proyectos de *software*. Mejorar la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios se relacionan con la elevación de los indicadores económicos, recursos, tiempo, el fortalecimiento de los indicadores de control, elementos reflejados específicamente en los lineamientos 8, 12 y 20 del capítulo I Modelo de Gestión Económica.

El impacto económico de la propuesta está ligado la facilidad de su uso y al bajo costo de su implementación.

Se calcula el costo utilizando una tarifa horaria fija de \$ 4,15 por horas de trabajo de un especialista. El costo de aplicarlo se estima en \$ 244.85. Este análisis permite concluir que el costo de aplicación es relativamente bajo teniendo en cuenta que se estimó para tres proyectos, ver Tabla 20.

Tabla 20. Costo estimado de la aplicación del método propuesto. Fuente: Elaboración propia.

Actividad	Tiempo (horas)	Involucrados	Costo estimado
Preparación para la aplicación del método	3	4	\$ 49.8
Selección de los expertos	2	4	\$ 33.2
Selección de los criterios	2	6	\$ 49.8

Ponderación de los indicadores	1	3	\$ 12.45
Recolección de los criterios de los expertos	2	3	\$ 24.9
Agregación de los criterios	2	1	\$ 8.3
Evaluación global de los resultados	4	4	\$ 66.4
Total	12	15	\$ 244.85

La aplicación del método no necesita recursos económicos significativos, por cuanto su aplicación se reduce al tiempo que puede tomar ejecutar el aprendizaje, el cual disminuye con cada iteración después de ser adquirida la experiencia.

3.2.2 Valoración de sustentabilidad de la solución propuesta

En el contexto actual a sustentabilidad es definida en tres esferas, económica, ambiental e social, no es posible la sustentabilidad solamente en una de las tres esferas, ellas deben ser consideradas de forma sistémica. Teniendo en cuenta los elementos abordados en el epígrafe anterior se puede afirmar que la solución propuesta contribuye a la sustentabilidad del proyecto, debido a su contribución en la mayor calidad del producto, contribuir con la disminución de los costos y tiempo de desarrollo del producto, convirtiéndose en menor cantidad de contaminación ambiental por consumo de energía. La solución propuesta permite promover mejores relaciones de trabajo, así como la contribución y control de riesgos financieros.

3.3 Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se muestra la esencia de la aplicación del método. Se presentan los resultados experimentales de validación y una valoración social y económica del método propuesto para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios.

- Se demuestra la validez de las variables definidas en la investigación. Con la utilización del método de expertos se mostró forma general existe una aprobación por los expertos, en que la evaluación del impacto de las solicitudes de cambio es relevante para la gestión de proyectos. El método tiene coherencia y complejidad bastante adecuada.

Los costos de implementación de la propuesta son bajos y su utilización puede contribuir a mejores resultados en la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios.

CONCLUSIONES

La presente investigación muestra como principal resultado: el desarrollo de un método para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, a través del cual se puede arribar a las siguientes conclusiones:

- A partir del marco teórico de la investigación se concluye la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios presenta dificultades en cuanto al uso de técnicas, métodos y procedimientos claramente definidos, creando incertidumbre en el análisis de decisión. El empleo de la computación con palabras, específicamente el método de 2 –tuplas lingüísticas, como el modelo computacional a utilizar en la propuesta de solución, dada sus características de trabajo con información lingüística y su alto nivel de precisión en el tratamiento de la incertidumbre.
- El método propuesto está constituido por cinco pasos fundamentales: la definición de los expertos, la definición de los criterios, la definición de la prioridad de los indicadores, la evaluación del impacto de cambios y la toma de decisiones.
- La solución propuesta resulta novedosa pues los métodos estudiados no proponen los criterios para evaluar el impacto de los cambios.
- El método propuesto aporta a la mejora continua de los procesos en las organizaciones, a la gestión de proyectos, cumpliendo con las carencias de los métodos y técnicas analizadas en el marco teórico de la investigación, en cuanto al tratamiento de la incertidumbre, manejo de múltiples expertos y aplicación en diferentes fases del proyecto.
- La aplicación práctica del método y su validación en el Centro CIGED demostró una mejora en la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios, así como su aceptación por parte de los expertos.

RECOMENDACIONES

La propuesta de investigación no limita la continuidad de su desarrollo y mejora en relación al dominio en cuestión, por lo que se deriva las siguientes recomendaciones del trabajo:

- Implementar el método propuesto para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en la suite para la gestión de proyectos XEDRO-GESPRO desarrollada en la UCI posibilitando la integración con las áreas y disciplinas de la gestión de proyectos.
- Considerar los Suplementos al Contrato como fuentes de información para analizar el comportamiento de los cambios en los proyectos de la UCI. Implementar en el GESPRO el análisis de los cambios desde la información aportada por los suplementos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. Vilutiene, M. R. Hosseini, E. Pellicer, y E. K. Zavadskas, «Advanced BIM Applications in the Construction Industry», *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, pp. 1-3, ago. 2019, (DOI: 10.1155/2019/6356107).
- [2] M. Souza, R. Moreira, y E. Figueiredo, «Playing the Project: Incorporating Gamification into Project-based Approaches for Software Engineering Education», *Anais do Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, pp. 71-80, jul. 2019, (DOI: 10.5753/wei.2019.6618).
- [3] W. M. da Silva, M. V. T. Soares, K. E. C. Clementino, y J. L. Santos, «Projeto de extensão em educação matemática inclusiva: a construção do jogo tri_libras / Extension project in inclusive mathematics education: the construction of the game tri_libras», *Brazilian Journal of Development*, vol. 5, n.º 6, pp. 4774-4783, abr. 2019.
- [4] E. P. Small, I. Bakry, y L. Ayyash, «Evaluating the effect of TQM on MEP construction productivity and project delivery in Dubai», *International Journal of Construction Management*, vol. 0, n.º 0, pp. 1-15, abr. 2019, (DOI: 10.1080/15623599.2019.1602584).
- [5] S. Malik *et al.*, «Improved project control for sustainable development of construction sector to reduce environment risks», *Journal of Cleaner Production*, vol. 240, p. 118214, dic. 2019, (DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118214).
- [6] J. Pollack y P. Matous, «Testing the impact of targeted team building on project team communication using social network analysis», *International Journal of Project Management*, vol. 37, n.º 3, pp. 473-484, abr. 2019, (DOI: 10.1016/j.ijproman.2019.02.005).
- [7] C. Moreno, S. Olbina, y R. R. Issa, «BIM Use by Architecture, Engineering, and Construction (AEC) Industry in Educational Facility Projects», *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, pp. 1-19, jul. 2019, (DOI: 10.1155/2019/1392684).
- [8] T. Vilutiene, D. Kalibatiene, M. R. Hosseini, E. Pellicer, y E. K. Zavadskas, «Building Information Modeling (BIM) for Structural Engineering: A Bibliometric Analysis of the Literature», *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, pp. 1-19, ago. 2019, (DOI: 10.1155/2019/5290690).
- [9] C. Ismério y F. Paz, «Projeto patrimônio digital: desenvolvendo tecnologias, metodologias e jogos educativos para o museu Dom Diogo De Souza / Digital heritage project: develop technologies, methodologies and educational games for the Dom Diogo De Souza museum», *Brazilian Journal of Development*, vol. 5, n.º 8, pp. 12431-12444, ago. 2019, (DOI: 10.34117/bjdv5n8-086).
- [10] Standish Group, «Standish Group Chaos Report», *InfoQ*, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015>. [Accedido: 15-dic-2018].
- [11] P. M. I. (PMI), «A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) Sixth Edition / Project Management Institute», Inc. Newtown Square Pensilvania 19073-3299 USA, 2017.
- [12] E. Martínez Bustos, C. Carrasco Sagredo, y M. T. Bull, «Propuesta metodológica para implementar la primera fase del modelo de gestión del cambio organizacional de Lewin», *estud.gerenc.*, pp. 88-98, mar. 2018, (DOI: 10.18046/j.estger.2018.146.2813).
- [13] S. Bohner y R. Arnold, *Software Change Impact Analysis*. 1996.
- [14] A. Miguel, *Gestão de Projectos de Software*, 4ta ed. Luanda, Angola: Editora Informática, Lda, 2010.
- [15] J. Queille, J. Voidrot, N. Wilde, y M. Munro, «The Impact Analysis Task in Software Maintenance: A Model and a Case of Study», *IEEE*, 1994, (DOI: 10.1109/ICSM.1994.336771).
- [16] A. Orso, T. Apiwattanapong, y M. Harrold, «Improving Impact Analysis and Regression Testing Using Field Data», 2015.
- [17] A. Dhamija y S. Sikka, «A Systematic Study of Advancements in Change Impact Analysis Techniques», *IJITEE*, vol. 8, n.º 8, p. 9, 2019.

- [18] J. Da Silva, «Análise de impacto em mudança de software: um guia de orientação», PhD Thesis, Universidade Federal de Pernambuco, 2015.
- [19] A. Miguel, *Gestão de Projectos de Software*, 4ta ed. Editora Informática, Lda, 2010.
- [20] S. Vélez, J. A. Zapata, y A. Henao, «Gestión de Proyectos: origen, instituciones, metodologías, estándares y certificaciones», *Entre ciencia e ingeniería*, vol. 12, n.º 24, pp. 68-76, 2018, (DOI: 10.31908/19098367.3818).
- [21] M. I. M. Guerra, F. N. G. Ramos, y M. D. Silva, «Estándares y metodologías: Instrumentos esenciales para la aplicación de la dirección de proyectos», *Revista de Tecnología*, vol. 12, n.º 2, pp. 11-23, 2015, (DOI: <https://doi.org/10.18270/rt.v12i2.757>).
- [22] J. Varajão, R. Colomo-Palacios, y H. Silva, «ISO 21500:2012 and PMBoK 5 processes in information systems project management», *Computer Standards & Interfaces*, vol. 50, pp. 216-222, feb. 2017, (DOI: 10.1016/j.csi.2016.09.007).
- [23] A. Rodríguez, «Análisis de sinergias entre las principales metodologías para la gestión de proyectos PMBOK, Prince2, IPMA», Tesis Maestría, Universidad de Sevilla, España, 2015.
- [24] M. Calderon, A. Iriarte, y A. Fabian, «Marco de Referencia para la implementación de ISO 21500», Tesis de Maestría, Universidad de San Buenaventura, Santiago de Cali, Colombia, 2015.
- [25] CMMI, «CMMI® para Desarrollo, Versión 1.3», Software Engineering Institute, 2010.
- [26] P. Da Silva, «Desenvolvimento de Software: CMMI e metodologias ágeis», *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*, vol. 4, n.º 3, pp. 157-184, 2019.
- [27] M. E. Arrobaye, «Análisis crítico sobre la dirección de proyectos bajo los estándares PMI, PRINCE2 e Iso 21500 | Gestión & Desarrollo», *Gestión y Desarrollo*, vol. 11, pp. 101-111, 2016, (DOI: <https://doi.org/10.21500/01235834.2123>).
- [28] M. R. Rodríguez, Y. M. Gamboa, N. M. Amaro, y S. T. López, «ISO 21500 y PMBOK: estándares esenciales para la gestión de proyectos», *Tecnología Vital*, vol. 3, n.º 6, jul. 2019.
- [29] ISO, «ISO 10006. Quality management guidelines for quality management in projects», 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/70376.html>.
- [30] *Decreto No.327 Reglamento del proceso inversionista*, 5 vols. MINISTERIO DE JUSTICIA (ed.) GO_X_5_2015, 2015.
- [31] M. Muñoz, J. Mejía, A. Peña, G. Lara, y C. Y. Laporte, «Transitioning international software engineering standards to academia: Analyzing the results of the adoption of ISO/IEC 29110 in four Mexican universities», *Computer Standards & Interfaces*, vol. 66, p. 103340, oct. 2019, (DOI: 10.1016/j.csi.2019.03.008).
- [32] SOFTEX, «Guia de Implementação – Parte 3: Fundamentação para Implementação do Nível E do MR-MPS-SV:2015», 2015.
- [33] UCI, «Mejora de Procesos de la Universidad de las Ciencias Informáticas», *Programa de Mejora UCI*, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://mejoras.prod.uci.cu/>. [Accedido: 16-sep-2019].
- [34] E. Jaramillo y M. Causso, «Sistema de gestión de cambios para un área de tecnología de información», 2015.
- [35] X. Sun, B. Li, H. Leung, B. Li, y J. Zhu, «Static change impact analysis techniques: A comparative study», *Journal of Systems and Software*, vol. 109, pp. 137-149, nov. 2015, (DOI: 10.1016/j.jss.2015.07.047).
- [36] G. Catolino y F. Ferrucci, «Ensemble Techniques for Software Change Prediction: A Preliminary Investigation», *IEEE*, 2018, (DOI: 10.1109/MALTESQUE.2018.8368455).
- [37] Y. He, T. Li, W. Wang, W. Lan, y X. Li, «A Structure-Driven Method for Information Retrieval-Based Software Change Impact Analysis», *Scientific Programming*, 2018, (DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/5494209>).

- [38] K. Rostami, R. Heinrich, A. Busch, y R. Reussner, «Architecture-Based Change Impact Analysis in Information Systems and Business Processes», en *2017 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA)*, 2017, pp. 179-188, (DOI: 10.1109/ICSA.2017.17).
- [39] S. Basri, N. Kama, y R. Ibrahim, «A Novel Effort Estimation Approach for Requirement Changes during Software Development Phase», *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, vol. 9, n.º 1, pp. 237-252, 2015, (DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/ijseia.2015.9.1.21>).
- [40] I. Hajri, A. Goknil, L. C. Briand, y T. Stephany, «Change impact analysis for evolving configuration decisions in product line use case models», *Journal of Systems and Software*, vol. 139, pp. 211-237, may 2018, (DOI: 10.1016/j.jss.2018.02.021).
- [41] K. Alam, R. Ahmad, A. Akhunzada, M. Md Nasir, y S. Khan, «Impact Analysis and Change Propagation in Service-oriented Enterprises: A Systematic Review», *Information Systems*, jun. 2015, (DOI: 10.1016/j.is.2015.06.003).
- [42] T. Sharma y G. Suryanarayana, «Augur: Incorporating Hidden Dependencies and Variable Granularity in Change Impact Analysis», en *2016 IEEE 16th International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation (SCAM)*, 2016, pp. 73-78, (DOI: 10.1109/SCAM.2016.32).
- [43] J. Wiley, «Impact Analysis», 2015.
- [44] K. Berg, A. Goknil, y I. Kurtev, «A Rule-Based Change Impact Analysis Approach in Software Architecture for Requirements Changes», 2015.
- [45] F. Angerer, A. Grimmer, H. Prähofer, y P. Grünbacher, «Change impact analysis for maintenance and evolution of variable software systems», *Autom Softw Eng*, vol. 26, n.º 2, pp. 417-461, jun. 2019, (DOI: 10.1007/s10515-019-00253-7).
- [46] R. Gohil, S. Bhattacharya, y R. Chauhan, «Requirements Change Impact Analysis Using Event Based Traceability», vol. 4, 2016, (DOI: 10.18178/Inse.2016.4.3.243).
- [47] M. Shahid y S. Ibrahim, «Change impact analysis with a software traceability approach to support software maintenance», *IEEE*, 2016, (DOI: 10.1109/IBCAST.2016.7429908).
- [48] A. A. Alsanad, A. Chikh, y A. Mirza, «A Domain Ontology for Software Requirements Change Management in Global Software Development Environment», *IEEE Access*, vol. 7, pp. 49352-49361, 2019, (DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2909839).
- [49] D. Kchaou, N. Bouassida, y H. Ben-Abdallah, «UML models change impact analysis using a text similarity technique», vol. 11, n.º 1, pp. 27 – 37, 2017, (DOI: 10.1049/iet-sen.2015.0113).
- [50] J. Maâzoun, N. Bouassida, y H. Ben-Abdallah, «Change impact analysis for software product lines», *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 28, n.º 4, pp. 364-380, oct. 2016, (DOI: 10.1016/j.jksuci.2016.01.005).
- [51] Y. Wang, J. Zhang, y Y. Fu, «Rule-Based Change Impact Analysis Method in Software Development», *Science Research*, vol. 74, pp. 396-406, 2017, (DOI: <https://doi.org/10.2991/iccia-17.2017.65>).
- [52] Y. Viera, «Método para el análisis de impacto de los cambios en los requisitos de los proyectos sobre los compromisos de alcance con el cliente», Mestría, 2013.
- [53] J. R. Busemeyer, S. Gluth, J. Rieskamp, y B. M. Turner, «Cognitive and Neural Bases of Multi-Attribute, Multi-Alternative, Value-based Decisions», *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 23, n.º 3, pp. 251-263, mar. 2019, (DOI: 10.1016/j.tics.2018.12.003).
- [54] L. Martínez, D. Ruan, y F. Herrera, «Computing with words in decision support systems: An overview on models and applications.», pp. 382-395, 2010.
- [55] F. Herrera y L. Martinez, «The 2-tuple linguistic computational model: advantages of its linguistic description, accuracy and consistency», *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, vol. 09, n.º supp01, pp. 33–48, sep. 2001, (DOI: 10.1142/S0218488501000971).

- [56] Y. Zulueta, «Modelos de Evaluación de la Importancia del Impacto Ambiental en Contextos Complejos bajo Incertidumbre», Tesis Doctorado, Universidad de Granada, Granada, 2014.
- [57] H. Liao y X. Wu, «DNMA: A double normalization-based multiple aggregation method for multi-expert multi-criteria decision making», *Omega*, p. 102058, abr. 2019, (DOI: 10.1016/j.omega.2019.04.001).
- [58] J. Li, J. Wang, y J. Hu, «Multi-criteria decision-making method based on dominance degree and BWM with probabilistic hesitant fuzzy information», *Int. J. Mach. Learn. & Cyber.*, vol. 10, n.º 7, pp. 1671-1685, jul. 2019, (DOI: 10.1007/s13042-018-0845-2).
- [59] M. C. R. Pacheco y F. L. Goldman, «Modelos multicriteriais de apoio à decisão: o método AHP como auxílio à seleção de fornecedores em uma confecção / Multicriteria decision support models: the AHP method as an aid to the selection of suppliers in a confection», *Brazilian Journal of Business*, vol. 1, n.º 3, pp. 979-1001, oct. 2019.
- [60] A. Mendoza *et al.*, «Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos», *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 27, n.º 3, pp. 348-360, sep. 2019, (DOI: 10.4067/S0718-33052019000300348).
- [61] P. Cabrera-Barona y O. Ghorbanzadeh, «Comparing Classic and Interval Analytical Hierarchy Process Methodologies for Measuring Area-Level Deprivation to Analyze Health Inequalities», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, n.º 1, p. 140, ene. 2018, (DOI: 10.3390/ijerph15010140).
- [62] O. Ghorbanzadeh, S. Moslem, T. Blaschke, y S. Duleba, «Sustainable Urban Transport Planning Considering Different Stakeholder Groups by an Interval-AHP Decision Support Model», *Sustainability*, vol. 11, n.º 1, p. 9, ene. 2019, (DOI: 10.3390/su11010009).
- [63] C.-C. Li, Y. Dong, F. Herrera, E. Herrera-Viedma, y L. Martínez, «Personalized individual semantics in computing with words for supporting linguistic group decision making. An application on consensus reaching», *Information Fusion*, vol. 33, pp. 29-40, ene. 2017, (DOI: 10.1016/j.inffus.2016.04.005).
- [64] M. Workman, K. Dooley, G. Lomax, J. Maltby, y G. Darch, «Decision making in contexts of deep uncertainty - An alternative approach for long-term climate policy», *Environmental Science & Policy*, vol. 103, pp. 77-84, ene. 2020, (DOI: 10.1016/j.envsci.2019.10.002).
- [65] G. Beliakov y J. Warren, «Appropriate choice of aggregation operators in fuzzy decision support systems», *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, vol. 9, n.º 6, pp. 773-784, dic. 2001, (DOI: 10.1109/91.971696).
- [66] J. Wang, H. Gao, G. Wei, y Y. Wei, «Methods for Multiple-Attribute Group Decision Making with q-Rung Interval-Valued Orthopair Fuzzy Information and Their Applications to the Selection of Green Suppliers», *Symmetry*, vol. 11, n.º 1, p. 56, ene. 2019, (DOI: 10.3390/sym11010056).
- [67] G. Jiménez y Y. Zulueta, «A 2-tuple linguistic multi-period decision making approach for dynamic green supplier selection», vol. 84, n.º 202, pp. 199-206, sep. 2017, (DOI: DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v84n202.58032>).
- [68] G. Felix, C. Calero, R. Esquivel, y F. Bello, «Implementation of computing with words in evaluating training program», pp. 39–48, oct. 2015, (DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v82n193.44553>).
- [69] L. A. Zadeh, «Nacimiento y evolución de la lógica borrosa, el soft computing y la computación con palabras: un punto de vista personal», vol. 8, n.º 2, pp. 421-429, 1996.
- [70] F. E. Palominos, H. M. Díaz, S. K. Palominos, y L. R. Cañete, «Relación entre los Procedimientos de Selección a la Educación Superior y el Desempeño Académico de los Estudiantes con base en una Clasificación mediante Conjuntos Difusos», *Form. Univ.*, vol. 11, n.º 1, pp. 45-52, feb. 2018, (DOI: 10.4067/S0718-50062018000100045).
- [71] O. Castillo, L. Amador-Angulo, J. R. Castro, y M. Garcia-Valdez, «A comparative study of type-1 fuzzy logic systems, interval type-2 fuzzy logic systems and generalized type-2 fuzzy logic systems in

- control problems», *Information Sciences*, vol. 354, pp. 257-274, ago. 2016, (DOI: 10.1016/j.ins.2016.03.026).
- [72] J. F. Díaz Córdova, E. Coba Molina, y P. Navarrete, «Lógica difusa y el riesgo financiero. Una propuesta de clasificación de riesgo financiero al sector cooperativo», *Contaduría y Administración*, vol. 62, n.º 5, pp. 1670-1686, dic. 2017, (DOI: 10.1016/j.cya.2017.09.001).
- [73] F. Blanco-Mesa, J. M. Merigó, y A. M. Gil-Lafuente, «Fuzzy decision making: A bibliometric-based review», *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, vol. 32, n.º 3, pp. 2033-2050, ene. 2017, (DOI: 10.3233/JIFS-161640).
- [74] B. Sun, W. Ma, y X. Xiao, «Three-way group decision making based on multigranulation fuzzy decision-theoretic rough set over two universes», *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 81, pp. 87-102, feb. 2017, (DOI: 10.1016/j.ijar.2016.11.001).
- [75] M. Gallab, H. Bouloiz, Y. L. Alaoui, y M. Tkiouat, «Risk Assessment of Maintenance activities using Fuzzy Logic», *Procedia Computer Science*, vol. 148, pp. 226-235, ene. 2019, (DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.065).
- [76] G. W. Wei, «2-tuple intuitionistic fuzzy linguistic aggregation operators in multiple attribute decision making», *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, vol. 16, n.º 4, pp. 159-174, ago. 2019, (DOI: 10.22111/ijfs.2019.4789).
- [77] Y. Encarnación, «La lógica difusa aplicada al sector manufacturero», *cys*, vol. 38, n.º 4, pp. 793-814, dic. 2013, (DOI: 10.22206/cys.2013.v38i4.pp793-814).
- [78] M. Cruz y A. Armenteros, «La lógica difusa en la modelización del riesgo operacional. Una solución desde la inteligencia artificial en la banca cubana», *COFIN HABANA*, vol. 12, n.º 2, pp. 122-135, 2017.
- [79] A. Alvarenga Quijada y F. A. Salazar Santana, «Lógica difusa y algunas de sus aplicaciones», bachelor, Universidad de El Salvador, 2018.
- [80] F. J. Ruvalcaba Coyaso, F. J. y A. Vermonden, A., «Lógica difusa para la toma de decisiones y la selección de personal», *rev.univ.empresa*, vol. 17, n.º 29, pp. 239-256, mar. 2016, (DOI: 10.12804/rev.univ.empresa.29.2015.10).
- [81] R. A. Gómez, J. A. Cano, y E. A. Campo, «Selección de proveedores en la minería de oro con lógica difusa», *RVG*, vol. 21, n.º 75, dic. 2016, (DOI: 10.31876/revista.v21i75.21897).
- [82] P. Hilletoft, M. Sequeira, y A. Adlemo, «Three novel fuzzy logic concepts applied to reshoring decision-making», *Expert Systems with Applications*, vol. 126, pp. 133-143, jul. 2019, (DOI: 10.1016/j.eswa.2019.02.018).
- [83] B. Wu, T. Cheng, T. L. Yip, y Y. Wang, «Fuzzy logic based dynamic decision-making system for intelligent navigation strategy within inland traffic separation schemes», *Ocean Engineering*, vol. 197, p. 106909, feb. 2020, (DOI: 10.1016/j.oceaneng.2019.106909).
- [84] F. Mata, L. Perez, F. Chiclana, y E. Herrera, «Aggregation of Unbalanced Fuzzy Linguistic Information in Decision Problems based on Type-1 OWA Operator».
- [85] L. A. Zadeh, *Computing with Words: Principal Concepts and Ideas*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2012, (DOI: 10.1007/978-3-642-27473-2).
- [86] J. Crespo, E. Peña, P. Verdecia, y Y. Fustiel, «Elección entre una metodología ágil y tradicional basado en técnicas de soft computing», vol. 10, 2016.
- [87] M. P. Abreu, C. R. R. Rodríguez, y P. Y. P. Pérez, «Computing with words to feasibility study of software projects», *Tecnura*, vol. 20, n.º 50, pp. 69-84, 2016, (DOI: 10.14483/22487638.11562).
- [88] N. Martín, «Guía para la evaluación de la calidad de la formación virtual en gestión de proyectos», Tesis Maestría, Cuba, La Habana, 2019.

- [89] L. Martínez, «Un nuevo modelo de representación de información lingüística basado en 2-tuplas para la agregación de preferencias lingüísticas», Doctorado, Universidad de Granada, Granada, 1999.
- [90] «Cálculo de la muestra. ¿Cómo y por qué?» [En línea]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-gastroenterologia-hepatologia-continuada-8-pdf-70000192>. [Accedido: 20-ene-2020].
- [91] M. M. G. Ferreira, S. N. F. Júnior, J. R. de Sousa, T. Y. Eguchi, R. G. da Silva, y C. M. V. Serra, «Escolha dos métodos de multicritério a tomada de decisão com o auxílio de um sistema especialista formulado a partir de um fluxograma / Choice of multicriteria methods to decision making with the aid of a specialist system formulated from a flowchart», *Brazilian Applied Science Review*, vol. 2, n.º 5, pp. 1593-1608, oct. 2018.
- [92] R. S. de Souza, R. A. D. Silvestre, D. S. Vianna, M. de F. D. Vianna, y E. B. M. Meza, «Utilização do método de análise hierárquica (AHP) para priorização de serviços submarinos na indústria do petróleo / Using the hierarchical analysis (AHP) method for prioritization of submarine services in the oil industry», *Brazilian Journal of Development*, vol. 5, n.º 11, pp. 23788-23804, nov. 2019, (DOI: 10.34117/bjdv5n11-080).
- [93] C. Riaño y M. Palomino, «Proceso analítico jerárquico para evaluar tres laboratorios virtuales en la educación superior», vol. 11, pp. 194-20, 2015, (DOI: <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2015v11n1.21102>).
- [94] C. Mazia, M. Arns, y J. Colmenero, «Utilização de processo de análise hierárquica para definição estrutural e operacional de centros de distribuição: uma aplicação a uma empresa do ramo alimentício», *Gest. Prod.*, vol. 22, pp. 935-950, 2015, (DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X986-13>).
- [95] L. Escrivá y E. Pañalvo, «Aplicación del proceso analítico jerárquico (ahp) al dimensionamiento de sistemas renovables», Univesidad Politécnica de Valencia, 2016.
- [96] M. Espinilla, J. Liu, y L. Martínez, «An extended hierarchical linguistic model for decision-making problems», *Computational Intelligence*, vol. 27, n.º 3, pp. 489–512, ago. 2011, (DOI: 10.1111/j.1467-8640.2011.00385.x).
- [97] R. Rodriguez, L. Martinez, y F. Herrera, «Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets for Decision Making», 2012, (DOI: 10.1109/TFUZZ.2011.2170076).
- [98] F. J. Estrella, R. M. Rodriguez, M. Espiniila, y L. Martinez, «On the use of Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set in FLINTSTONES», en *2014 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*, Beijing, China, 2014, pp. 784-791, (DOI: 10.1109/FUZZ-IEEE.2014.6891799).
- [99] E. Herrera, S. Alonso, F. Chiclana, y F. Herrera, «A consensus model for group decision making with incomplete fuzzy preference relations, Fuzzy Systems», *IEEE Transactions on 15*, pp. 863-877, 2007.
- [100] L. Martinez y F. Herrera, «An overview on the 2-tuple linguistic model for computing with words in decision making: Extensions, applications and challenge», 2012.
- [101] F. Herrera, E. Herrera, y L. Martínez, «A Fuzzy Linguistic Methodology to Deal With Unbalanced Linguistic Term Sets», *IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS*, vol. 16, 2008, (DOI: 10.1109/TFUZZ.2007.896353).
- [102] E. Barrenechea, J. Fernandez, M. Pagola, F. Chiclana, y H. Bustince, «Construction of interval-valued fuzzy preference relations from ignorance functions and fuzzy preference relations. Application to decision making», pp. 33–44, 2014, (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.knosys.2013.10.002>).
- [103] L. Hernández y S. Coello, «El proceso de investigación científica. S.I.»: Editorial Universitaria., 2011.
- [104] PCC, «Lineamientos de la política económica y social del Partido y de la Revolución para el período 2016-2021», Cuba, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1. Estudio de técnicas de evaluación de impacto de cambios

ANEXO 2. Resumen del estudio de técnicas de evaluación de solicitudes de cambios

ANEXO 3. Encuesta para determinar la situación actual de la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios del proceso de desarrollo de *software* en la UCI.

ANEXO 4. Instrumento para obtener la opinión de los expertos en la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios.

ANEXO 5. Evaluación de los expertos para la selección de los criterios.

ANEXO 6. Preferencias expresadas por los expertos para evaluación dinámica.

ANEXO 7. Unificación de valores para la evaluación dinámica.

ANEXO 8. Coeficiente de competencia de los expertos preseleccionados.

ANEXO 9. Método de experto.

ANEXO 10. Escala de argumentación de expertos.

ANEXO 11. Matriz de coeficientes de argumentación por experto.

ANEXO 12. Nivel de competencia de los expertos.

ANEXO 13. Cálculo del coeficiente de concordancia de los expertos.

ANEXO 14. Cuestionario dirigido a expertos.

ANEXO 25. Modelo conceptual para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios.

ANEXO 36. Descripción del proceso evaluación del impacto de las solicitudes de cambios

ANEXO 1. Estudio de técnicas de evaluación de impacto de cambios

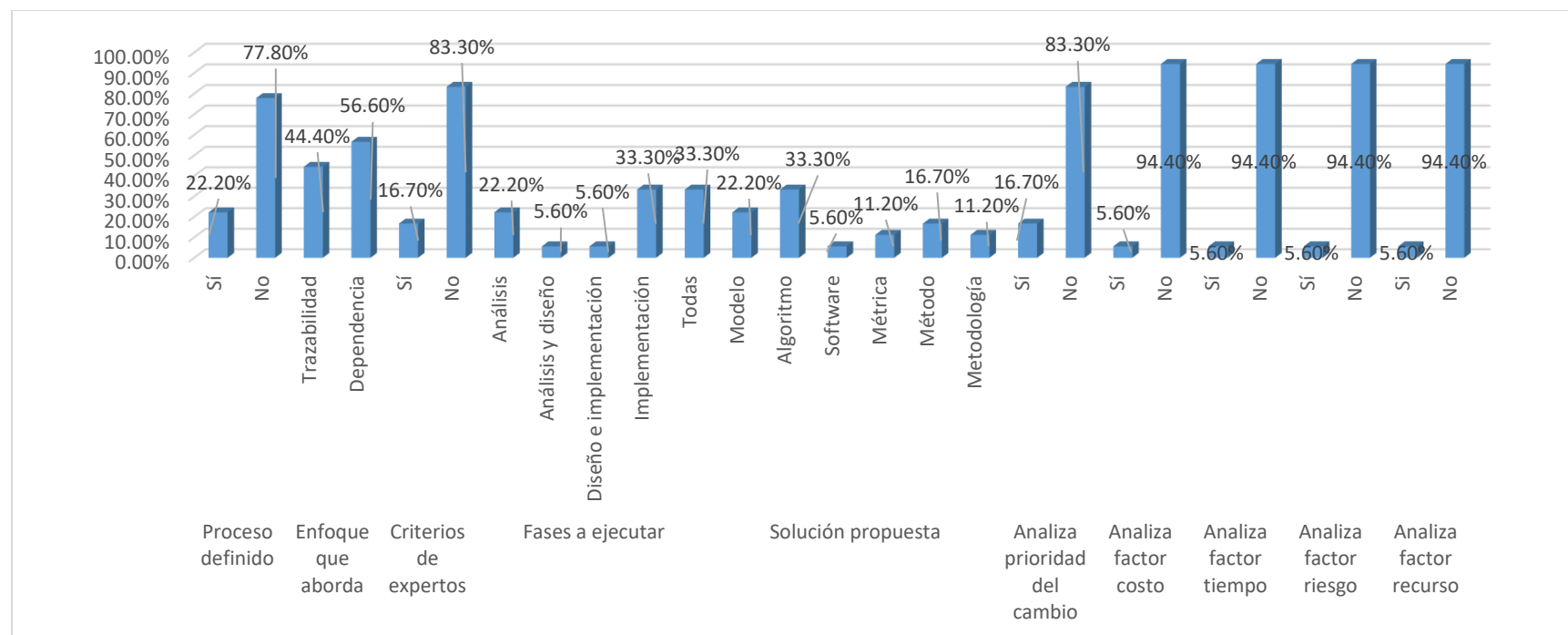


Figura 16. Resumen del análisis de técnicas para la evaluación del impacto de cambios. Fuente. Elaboración propia

ANEXO 2. Resumen del estudio de técnicas de evaluación de solicitudes de cambios

Tabla 21. Resumen del estudio de técnicas de evaluación de solicitudes de cambios. Fuente: Elaboración propia.

Criterio		Cantidad	Porcentaje
Proceso definido	Sí	4	22.2%
	No	14	77.8%
Enfoque que aborda	Trazabilidad	8	44.4%
	Dependencia	10	56.6%
Criterios de expertos	Sí	3	16.7%
	No	15	83.3%
Fases a ejecutar	Análisis	4	22.2%
	Análisis y diseño	1	5.6%
	Diseño e implementación	1	5.6%
	Implementación	6	33.3%
	Todas	6	33.3%
Solución propuesta	Modelo	4	22.2%
	Algoritmo	6	33.3%
	Software	1	5.6%
	Métrica	2	11.2%
	Método	3	16.7%
	Metodología	2	11.2%
Analiza prioridad del cambio	Sí	3	16.7%
	No	15	83.3%
Analiza factor costo	Sí	1	5.6%
	No	17	94.4%
Analiza factor tiempo	Sí	1	5.6%
	No	17	94.4%
Analiza factor riesgo	Sí	1	5.6%
	No	17	94.4%
Analiza factor recurso	Si	1	5.6%
	No	17	94.4%

ANEXO 3. Encuesta para determinar la situación actual de la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios del proceso de desarrollo de *software* en la UCI

Se realiza un estudio sobre el análisis y evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos de *software*. Su colaboración será de mucha utilidad para elevar la calidad de nuestras soluciones y mejorar continuamente nuestra gestión. Por ello, les pedimos que conteste las siguientes preguntas con sinceridad. Nos comprometemos a darle a sus respuestas un tratamiento confidencial.

Le agradecemos de antemano su cooperación.

Muchas Gracias por su colaboración.

Experiencia en la Gestión de Proyectos: _____ (En años)

Rol _____ (Jefe de proyecto, Administrador, Analista, Especialistas económicos de proyectos, Líder de subproyecto, entre otros)

Tiempo en el rol: _____ (En años)

Pregunta # 1: ¿Considera necesaria la realización de la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en el proyecto antes de llevarlos a cabo?

Sí () No () No sé ()

Pregunta # 2: ¿Conoce alguna técnica, guía, procedimiento o metodología para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos?

Sí () No () No sé ()

En caso de sí, méncionela _____

¿Qué opina acerca de la misma?

Pregunta # 3: ¿Conoce si en su centro de trabajo se evalúa el impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos que se ejecutan?

Sí () No () En ocasiones ()

Pregunta # 4: ¿Qué método se utiliza en su centro de trabajo para evaluar el impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos?

Pregunta # 5: ¿Considera necesario para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos considerar criterios que tengan en cuenta las condiciones o el contexto del proyecto (situación del personal, fase en que se encuentra...) para ejecutar dichos cambios?

Sí () No () No sé ()

Pregunta # 6: ¿Conoce si en su centro de trabajo se tienen en cuenta criterios relacionados con las condiciones o contexto del proyecto para realizarlo?

Sí () No () En ocasiones ()

En caso de sí _____

¿Cuáles? _____

Pregunta # 7: ¿Conoce si en su centro de trabajo para determinar el efecto de las solicitudes de cambios se tienen en cuenta el criterio de los expertos del proyecto?

Sí () No () En ocasiones ()

En caso de sí _____

Pregunta # 8: ¿Conoce las competencias que deben tener?

Sí () No () No sé ()

En caso de sí, menciónelas.

Para la realización de la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en los proyectos a continuación se proponen un conjunto de indicadores que, a consideración del encuestador, luego de un estudio bibliográfico, se deben tener presente.

ANEXO 4. Instrumento para obtener la opinión de los expertos sobre los criterios de evaluación del impacto de las solicitudes de cambios

Tabla 22. Competencia de los expertos.

Criterios		Descripción	Sí/No	
Recursos Humanos	Nivel de conocimientos de los roles implicados.	Impacto de ejecutar el cambio considerando conocimiento de los roles implicados.		
	Disponibilidad de los roles implicados.	Impacto de ejecutar el cambio considerando el tiempo disponible de los ejecutores.		
	Experiencia en el rol que desempeñan los recursos implicados.	Impacto de ejecutar el cambio considerando el nivel de experiencia de los ejecutores en el rol que desempeñan.		
	Cooperación de los recursos implicados.	Impacto de ejecutar el cambio considerando la capacidad de cooperación del equipo de proyecto.		
	Motivación de los recursos implicados.	Impacto de ejecutar el cambio considerando la dirección y fuerza de los recursos para lograr los objetivos trazados.		
Alcance	Propagación del cambio	Impacto de ejecutar el cambio considerando la afectación sobre el resto de los productos de trabajo.		
	Complejidad del cambio	Impacto de ejecutar el cambio considerando su complejidad (en dependencia del tipo de cambio).		
Integración	Fase de desarrollo	Impacto de ejecutar el cambio tomando en consideración la fase dentro del ciclo de desarrollo en la que se encuentra el proyecto cuando se realiza la petición de cambio.		
	Terceras partes implicada	Impacto de ejecutar el cambio considerando las implicaciones con proveedores o terceras partes.		
Tiempo	Variaciones en el cronograma del proyecto.	Impacto de ejecutar el cambio considerando la variación que sufre el cronograma según el tiempo que se requiere.		
Costes	Variaciones en la línea base de costo.	Impacto de ejecutar el cambio considerando la variación que sufre el costo según el tiempo y esfuerzo requerido.		
Riesgos	Cantidad de nuevos riesgos identificados.	Impacto de ejecutar el cambio considerando los riesgos que pueden surgir.		

	Complejidad de los nuevos riesgos identificados.	Impacto de ejecutar el cambio considerando la complejidad de los nuevos riesgos que pueden surgir.		
Gestión de adquisiciones	Implicaciones en la adquisición de un nuevo <i>software</i> .	Impacto de ejecutar el cambio considerando la necesidad de adquirir un nuevo <i>software</i> para ejecutarlo.		
	Implicaciones en la adquisición de un nuevo <i>hardware</i> .	Impacto de ejecutar el cambio considerando la necesidad de adquirir un nuevo <i>hardware</i> para realizarlo.		
Interesados del proyectos	Nivel de importancia de los cambios solicitados para los interesados.	Impacto de ejecutar el cambio considerando su importancia para las partes interesadas.		

Otros que usted considere necesarios: _____

Anexo 5. Evaluación de los expertos para la selección de criterios

Tabla 23. Evaluación de los expertos para la selección de criterios.

Criterios		Sí	No
Recursos Humanos	Nivel de conocimientos de los roles implicados.	49	0
	Disponibilidad de los roles implicados.	49	0
	Experiencia en el rol que desempeñan los recursos implicados.	46	3
	Cooperación de los recursos implicados.	10	39
	Motivación de los recursos implicados.	41	8
Alcance	Propagación del cambio	49	0
	Complejidad del cambio	49	0
Integración	Fase de desarrollo	49	0
	Terceras partes implicada	38	11
Tiempo	Variaciones en el cronograma del proyecto.	49	0
Costes	Variaciones en la línea base de costo.	49	0
Riesgos	Cantidad de nuevos riesgos identificados.	49	0
	Complejidad de los nuevos riesgos identificados.	49	0
Gestión de adquisiciones	Implicaciones en la adquisición de un nuevo <i>software</i> .	39	10
	Implicaciones en la adquisición de un nuevo <i>hardware</i> .	39	10
Interesados del proyectos	Nivel de importancia de los cambios solicitados para los interesados	46	3

Anexo 6. Preferencias expresadas por los expertos para evaluación dinámica

Tabla 24. Preferencias de los expertos para evaluación dinámica.

Experto/ Criterio	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
Experto 1	M	M	A	M	M	MA	MA	MA	M	A	M	M	A	B	A	MA
	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})
Experto 2	M	MA	A	A	M	A	MA	A	M	M	A	M	M	B	M	B
	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})
Experto 3	M	A	B	B	M	A	MA	A	M	MA	MA	M	A	B	A	A
	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})
Experto 4	M	B	M	M	M	A	MA	A	M	A	M	MA	M	MA	M	M
	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})
Experto 5	M	M	MA	M	B	MA	MA	MA	M	A	M	M	A	M	A	M
	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})
Experto 6	M	MB	B	M	A	MA	MA	MA	M	A	M	M	MA	A	MA	MA
	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})
Criterios/ Experto	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C15
Experto 1	0.67	0.5	0.67	0.34	0.67	0.67	0.83	0.34	0.5	0.34	0.67	0.67	0.83	0.17	0.5	0.67
	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})
Experto 2	0.5	0.83	0.67	0.5	0.5	0.83	0.83	0.34	0.5	0.34	0.67	0.67	0.83	0.17	0.5	0.83
	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})
Experto 3	0.83	0.67	0.34	0.34	0.5	0.5	0.67	0.34	0.34	0.5	0.5	0.5	0.83	0.17	0.5	0.5
	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})
Experto 4	0.17	0.34	0.5	0.67	0.5	0.34	0.67	0.17	0.34	0.5	0.5	0.34	0.5	0.87	0.5	0.34
	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})
Experto 5	0.83	0.5	0.87	0.67	0.83	0.34	0.67	0.17	0.17	0.5	0.5	0.5	0.34	0.5	0.34	0.34
	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})
Experto 6	0.5	0.17	0.34	0.34	0.67	0.67	0.17	0.5	0.17	0.5	0.17	0.83	0.34	0.67	0.67	0.5
	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})
Criterios/ Experto	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C15
Experto 1	MA	MA	MB	MB	M	MB	A	B	B	M	M	M	B	M	B	MA
	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{5,0})
Experto 2	0.87	0.87	M	A	M	A	MB	MB	B	M	0.87	B	M	MB	A	MA

	(S ₅ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₅ ,0)
Experto 3	B	MB	MA	M	0.84	MB	MB	A	A	B	M	MB	B	M	A	M
	(S ₂ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₅ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)
Experto 4	MA	A	A	MA	B	MB	MB	MA	M	MB	B	M	MB	B	M	B
	(S ₂ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)
Experto 5	A	B	A	A	B	M	B	A	A	B	M	MA	B	M	A	B
	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₁ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₂ ,0)
Experto 6	MB	M	A	M	B	B	M	B	B	M	A	M	A	A	A	A
	(S ₁ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₂ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₃ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)	(S ₄ ,0)

Anexo 7. Unificación de valores para la evaluación dinámica

Tabla 25. Unificación de valores.

Experto/ Criterio	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
Experto 1	0.5	0.5	0.67	0.5	0.5	0.83	0.83	0.83	0.5	0.67	0.5	0.5	0.67	0.34	0.67	0.83
	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})
Experto 2	0.5	0.83	0.67	0.67	0.5	0.67	0.83	0.67	0.5	0.5	0.67	0.5	0.5	0.34	0.5	0.34
	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})
Experto 3	0.5	0.67	0.34	0.34	0.5	0.67	0.83	0.67	0.5	0.83	0.83	0.5	0.67	0.34	0.67	0.67
	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})
Experto 4	0.5	0.34	0.5	0.5	0.5	0.67	0.83	0.67	0.5	0.67	0.5	0.83	0.5	0.83	0.5	0.5
	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})
Experto 5	0.5	0.5	0.83	0.5	0.34	0.83	0.83	0.83	0.5	0.67	0.5	0.5	0.67	0.5	0.67	0.5
	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})
Experto 6	0.5	0.17	0.34	0.5	0.67	0.83	0.83	0.83	0.5	0.67	0.5	0.5	0.83	0.67	0.83	0.83
	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})
Experto/ Criterio	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
Experto 1	0.67	0.5	0.67	0.34	0.67	0.67	0.83	0.34	0.5	0.34	0.67	0.67	0.83	0.17	0.5	0.67
	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})
Experto 2	0.5	0.83	0.67	0.5	0.5	0.83	0.83	0.34	0.5	0.34	0.67	0.67	0.83	0.17	0.5	0.83
	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})
Experto 3	0.83	0.67	0.34	0.34	0.5	0.5	0.67	0.34	0.34	0.5	0.5	0.5	0.83	0.17	0.5	0.5
	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})
Experto 4	0.17	0.34	0.5	0.67	0.5	0.34	0.67	0.17	0.34	0.5	0.5	0.34	0.5	0.87	0.5	0.34
	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})
Experto 5	0.83	0.5	0.87	0.67	0.83	0.34	0.67	0.17	0.17	0.5	0.5	0.5	0.34	0.5	0.34	0.34
	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})
Experto 6	0.5	0.17	0.34	0.34	0.67	0.67	0.17	0.5	0.17	0.5	0.17	0.83	0.34	0.67	0.67	0.5
	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})
Experto/ Criterio	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C15
Experto 1	0.83	0.83	0.17	0.17	0.5	0.17	0.67	0.34	0.34	0.5	0.5	0.5	0.34	0.5	0.34	0.83
	(S _{3,0})	(S _{5,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{5,0})

Experto 2	0.87	0.87	0.5	0.67	0.5	0.67	0.17	0.17	0.34	0.5	0.87	0.34	0.5	0.17	0.67	0.83
	(S _{5,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{1,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{4,0})	(S _{5,0})
Experto 3	0.34	0.17	0.83	0.5	0.84	0.17	0.17	0.67	0.67	0.34	0.5	0.17	0.34	0.5	0.67	0.5
	(S _{2,0})	(S _{1,0})	(S _{5,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{1,0})	(S _{1,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})
Experto 4	0.83	0.67	0.67	0.83	0.34	0.17	0.17	0.83	0.5	0.17	0.34	0.5	0.17	0.34	0.5	0.34
	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{1,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})
Experto 5	0.67	0.34	0.67	0.67	0.34	0.5	0.34	0.67	0.67	0.34	0.5	0.83	0.34	0.5	0.67	0.34
	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{1,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{2,0})
Experto 6	0.17	0.5	0.67	0.5	0.34	0.34	0.5	0.34	0.34	0.5	0.67	0.5	0.67	0.67	0.67	0.67
	(S _{1,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{2,0})	(S _{2,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{3,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})	(S _{4,0})

Anexo 8. Coeficiente de competencia de los expertos preseleccionados

Por su experiencia profesional usted ha sido seleccionado como posible evaluador para validar un método propuesto para realizar la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en proyectos de *software*. Es importante antes de realizarle la consulta correspondiente, como parte del método empírico de investigación “Consulta a Expertos”, determinar su coeficiente de competencia en este tema, a los efectos de reforzar la validez del resultado de la consulta que realizaremos. Por esa razón le pedimos que responda las siguientes preguntas de la forma más objetiva que le sea posible.

Marque con una X el valor que le corresponda con el grado de conocimiento que Ud. posee sobre el proceso de análisis de evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en proyectos de desarrollo de *software*. Considere que 0 es un conocimiento nulo y 10 es un elevado conocimiento en la temática.

0(), 1(), 2(), 3() 4(), 5() 6(), 7(), 8(), 9() 10()

Realice una autoevaluación del grado de influencia que ha tenido en sus conocimientos y criterios sobre la gestión de proyectos, específicamente en la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios de las fuentes se exponen a continuación. Para ello marque con una X según corresponda: Alto, Medio, Bajo.

Tabla 26. Coeficiente de competencia de los expertos. Fuente: Elaboración propia.

Fuentes de argumentación	Evaluación
Estudios teóricos realizados sobre el impacto de las solicitudes de cambios	B___ M___ A___
Experiencia en la práctica por el trabajo en proyectos de <i>software</i>	B___ M___ A___
Trabajos de autores extranjeros	B___ M___ A___
Trabajos de autores nacionales	B___ M___ A___
Su propio conocimiento del estado del problema en Cuba y en el extranjero	B___ M___ A___
Su propia intuición	

Anexo 9. Método de experto

Tabla 27. Cálculo del coeficiente de conocimientos para los expertos. Fuente: Elaboración propia.

Nro. de experto	Escala										K_c
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.				x							0,4
2.										x	1
3.										x	1
4.					x						0,5
5.									x		0,9
6.									x		0,9
7.							x				0,7
8.				x							0,4
9.						x					0,6
10.								x			0,8
11.						x			x		0,9
12.				x							0,4
13.								x			0,8
14.										x	1
15.						x					0,6
16.				x							0,4
17.								x			0,8
18.										x	1
19.					x						0,5
20.				x							0,4

Anexo 10. Escala de argumentación de expertos

Tabla 28. Escala de argumentación de los expertos. Fuente: Elaboración propia.

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus criterios		
	A (alto)	M (medio)	B (bajo)
Estudios teóricos realizados sobre el impacto de las solicitudes de cambios	0,3	0,2	0,1
Experiencia en la práctica por el trabajo en proyectos de <i>software</i> y la gestión de cambios	0,5	0,4	0,2
Estudio de trabajos de autores cubanos	0,05	0,05	0,05
Estudio de trabajos de autores extranjeros	0,05	0,05	0,05
Su propio conocimiento del estado del problema en Cuba y en el extranjero	0,05	0,05	0,05
Su propia intuición	0,05	0,05	0,05
Total	1.0	0.8	0.5

Anexo 11. Matriz de coeficientes de argumentación por experto

Tabla 29. Matriz de coeficientes de argumentación por experto. Fuente: Elaboración propia.

Experto	Fuente de argumentación					
	1	2	3	4	5	6
1.	M	A	B	M	M	A
2.	A	M	M	A	A	M
3.	A	A	M	A	A	M
4.	A	B	M	B	B	M
5.	B	A	B	M	B	B
6.	A	M	A	M	A	M
7.	B	A	B	M	B	M
8.	M	A	M	M	M	M
9.	M	A	A	A	A	M
10.	A	A	B	A	B	A
11.	M	A	M	A	M	B
12.	B	A	A	A	M	M
13.	A	M	A	M	A	M
14.	B	A	A	M	B	M
15.	M	A	B	M	M	M
16.	M	A	M	A	A	M
17.	A	A	A	A	B	A
18.	M	A	B	A	M	B
19.	B	A	M	A	M	M
20.	A	M	A	M	A	M

Anexo 12. Nivel de competencia de los expertos

Tabla 30. Nivel de competencia de los expertos. Fuente: Elaboración propia.

Experto	K_c	K_a	K	Nivel de competencia
1.	0.4	0,86	0.63	Media
2.	1	0,88	0.94	Alta
3.	1	0,98	0.99	Alta
4.	0.5	0,74	0.62	Media
5.	0,9	0,73	0.81	Alta
6.	0,9	0,88	0.89	Alta
7.	0,7	0,74	0.72	Media
8.	0,4	0,86	0.63	Media
9.	0,6	0,89	0.74	Media
10.	0,8	0,96	0.88	Alta
11.	0,9	0,86	0.88	Alta
12.	0,4	0,78	0.59	Baja
13.	0,8	0,88	0.84	Alta
14.	1	0,74	0.87	Alta
15.	0,6	0,86	0.73	Media
16.	0,4	0,89	0.64	Media
17.	0,8	0,96	0.88	Alta
18.	1	0,86	0.93	Alta
19.	0,5	0,78	0.64	Media
20.	0,4	0,88	0.64	Media

Anexo 13. Cuestionario dirigido a expertos

Estimado experto (a): a continuación, sometemos a su consideración una encuesta que forma parte de una investigación que contribuye con el proceso de evaluación del impacto de los cambios en el *software*. Sus valoraciones acerca de los asuntos expuestos nos servirán de ayuda, le solicitamos la más responsable atención a esta consulta.

Teniendo en cuenta las investigaciones analizadas se han extraído los siguientes indicadores que son sometidos a su consideración en esta consulta para juzgar su efectividad en la medición de las variables de la tesis. Para debe evaluar cada uno de los indicadores que se le presentan. Para expresar su valoración, evalúe a cada uno de los indicadores que se le presentan en la tabla siguiente colocando las siglas en la casilla correspondiente y teniendo en cuenta las siguientes categorías de clasificación:

Cualitativa: MA: MUY ADECUADO; **BA:** BASTANTE ADECUADO; **A:** ADECUADO; **PA:** POCO ADECUADO; **I:** INADECUADO.

Cuantitativa: MA: 5; **BA:** 4; **A:** 3; **PA:** 2; **I:** 1.

Tabla 31. Cuestionario dirigido a expertos. Fuente: Elaboración propia.

Nro.	Indicador	Valoración
1.	Cómo evalúa la aplicabilidad del método propuesto.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
2.	Cómo evalúa la flexibilidad del método propuesto.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
3.	Cómo evalúa la participación de varios expertos en la aplicación del método propuesto.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
4.	Cómo evalúa el uso del modelo lingüístico para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambio.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
5.	Cómo valora la utilidad de la información de salida del método para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios en apoyo a la toma de decisiones.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
6.	Cómo valora usted la complejidad del método propuesto.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
7.	Cómo evalúa la coherencia del método propuesto.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
8.	Cómo evalúa la relevancia del método propuesto.	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Anexo 14. Cálculo del coeficiente de concordancia de los expertos

Tabla 32. Cálculo del coeficiente de concordancia de los expertos. Fuente: Elaboración propia.

Criterios	Expertos											
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Promedio	Suma de los cuadrados de las desviaciones
1.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
2.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
4.	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5	4.7	2.1
5.	5	4	5	5	4	5	4	5	4	4	4.5	2.5
6.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4.1	0.9
7.	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	4.6	2.4
8.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
total	39	37	39	38	36	38	38	39	37	38	37.9	12.9
											W	0.003071
											x2real	0.21500
											x2 (a=0.05,C=7)	

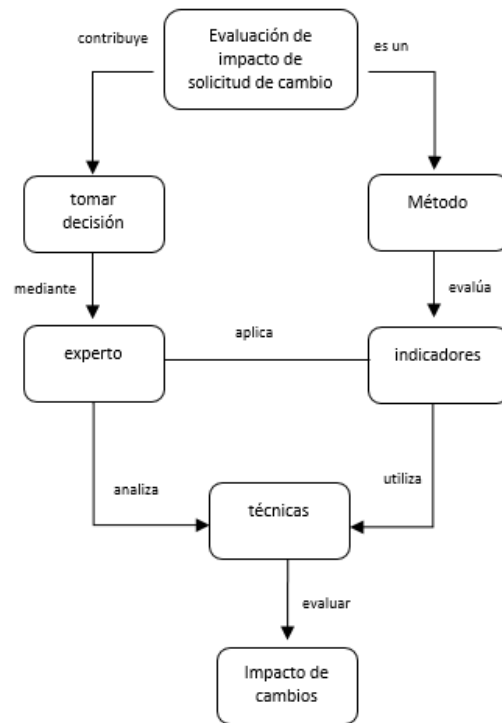
Anexo 15. Modelo conceptual para la evaluación del impacto de las solicitudes de cambios

Figura 17. Modelo conceptual del método. Fuente. Elaboración propia.



Maestría de Gestión de Proyectos Informáticos

Descripción del Proceso

Evaluación del Impacto de las Solicitudes de Cambios

Control del Documento

Título: Descripción del método.

Versión: 1.0

	Nombre	Cargo
Elaborado por:	Rosa María Renté Labrada	Profesor

Aprobado por:	Firma:
Cargo:	Fecha:21/01/2020

Introducción**Objetivo**

Describir el método para la Evaluación del Impacto de Cambios.

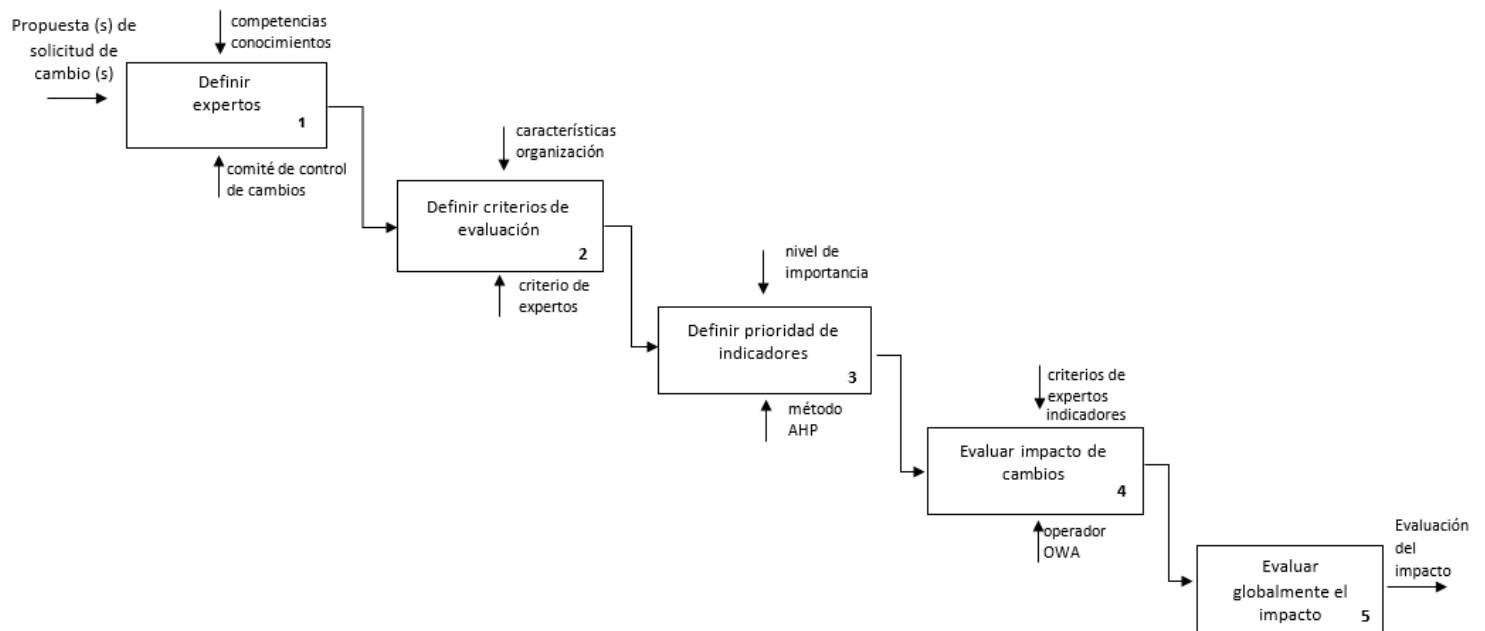
Alcance

Este documento describe el proceso y cada una de sus actividades.

Definiciones y acrónimos

AHP: método utilizado para formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico.

Proceso de Evaluación del Impacto de Cambios



Descripción general del método

El método para la evaluación de impacto de las solicitudes de cambios contiene actividades que se integran para ofrecer como salida el efecto o impacto de una solicitud de cambio en el proyecto.

Objetivo del método propuesto

El objetivo del método es evaluar el impacto que tienen los cambios, contribuyendo a tomar decisiones en los proyectos. El método se basa en la evaluación, por parte de varios expertos, de criterios o indicadores que están en correspondencia con las características del proyecto, utilizando del método de 2-tuplas lingüísticas.

Etapas para ser aplicado

El método se puede ejecutar en cada una de las fases, Inicio, Planificación, Ejecución, Seguimiento y Control y Cierre.

Descripción de las actividades

Descripción de la actividad Definir expertos

Objetivo	Permite seleccionar los expertos que realizarán la evaluación del cada uno de los indicadores. A partir del nivel de conocimientos y la experiencia de cada uno.
Evento(s) que lo genera(n)	Necesidad de realizar la evaluación del impacto de los cambios.
Pre condiciones	Existe una solicitud de impacto de cambios.
Marco legal	NA.
Reglas de negocio	Los expertos son parte del equipo de desarrollo. Tienen experticia en algunos de los roles.
Responsable	Comité de Control de Cambios
Entradas	Solicitud de cambios. Plan para la dirección del proyecto. Calendario de recursos.
Salidas	Listado de expertos seleccionados.
Flujo de eventos	
Flujo básico	
1.	Recibir solicitud de cambio: La gerencia del proyecto recibe una solicitud de cambio.
2.	Se recomienda para conformar los expertos para evaluar incluir miembros del comité de control de cambios: Jefe de proyecto, Arquitecto de software, Administrador de la configuración y Administrador de la calidad.
3.	El grupo de expertos para evaluar los cambios es configurable, los roles listados anteriormente siempre forman parte de este y cuando se recibe una Solicitud de Cambio debe tenerse en cuenta si es necesaria la invitación de otros roles involucrados en el cambio como el Analista, Jefe de módulo u otro involucrado que el proyecto considere necesario. Lo anterior queda registrado en la Minuta de reunión que se emite cuando el Comité se reúne para analizar los cambios solicitados.
4.	Termina el proceso.
Pos-condiciones	
1.	Se definen los expertos que evaluarán los cambios.

Diagrama del subproceso

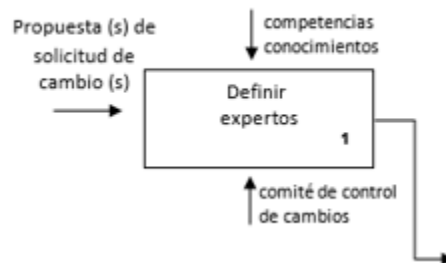


Figura 2: Diagrama de subproceso Definir expertos

Descripción del proceso Definir criterios de evaluación

Objetivo	Identificar o seleccionar los criterios para evaluar los cambios teniendo en cuenta las características específicas de cada proyecto
Evento(s) que lo genera(n)	Solicitud de cambio
Pre condiciones	Expertos definidos
Marco legal	NA
Reglas de negocio	NA
Responsable	Líder de proyecto
Entradas	Propuesta de criterios. Registro de cambios Cronograma del proyecto. Plan para la dirección de proyectos.
Salida	Listado final de criterios.
Flujo de eventos	
Flujo básico	
1.	Verificar lista de criterios.
2.	Si la lista está creada seleccionar criterios de la lista.
3.	Si la lista no está creada definir nuevos criterios.
4.	Termina el proceso.
Pos-condiciones	

1. Listado de criterios a evaluar.

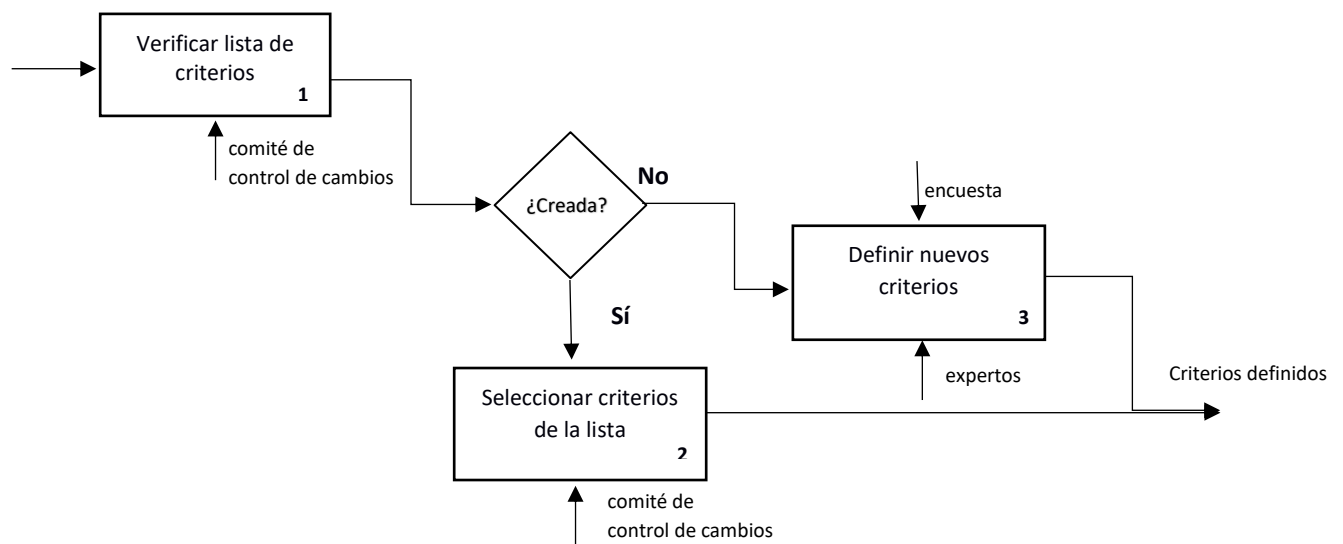
Diagrama del proceso

Figura 3: Diagrama de proceso Definir criterios de evaluación

Descripción del subproceso Definir nuevos criterios

Objetivo	Definir los criterios que serán utilizados para realizar la evaluación del impacto de cambios.
Evento(s) que lo genera(n)	Solicitud de cambio.
Pre condiciones	Expertos seleccionados.
Marco legal	NA
Reglas de negocio	NA
Responsable	Jefe de Proyecto
Entradas	Propuesta de criterios. Registro de cambios Cronograma del proyecto. Plan para la dirección de proyectos.
Salidas	NA.
Flujo de eventos	
Flujo básico	
1.	Definir el objetivo de la encuesta.
2.	Elaborar preguntas del cuestionario.
3.	Elaborar el diseño de la muestra. Definir tamaño de la población.
4.	Para obtener el tamaño de la muestra utilizar la fórmula $n = \frac{Z^2 * N * p * q}{(d^2 * (N - 1)) + Z^2 * p * q}$ n: tamaño de la muestra. Z: constante que depende del nivel de confianza que se le asigne. N: tamaño de la población. d: error muestral deseado, precisión. p: proporción de individuos que poseen en la población la característica del estudio. Este dato es usualmente desconocido y según la mayor parte de la bibliografía lo más apropiado es, p=q=0.5. q=es la proporción de individuos que no poseen esa característica.
5.	Ejecutar la encuesta.
6.	Procesar la información colectada.

7. Obtener criterios a partir del análisis de los resultados de la encuesta.

Pos-condiciones

1. Criterios definidos.

Diagrama del subproceso de negocio

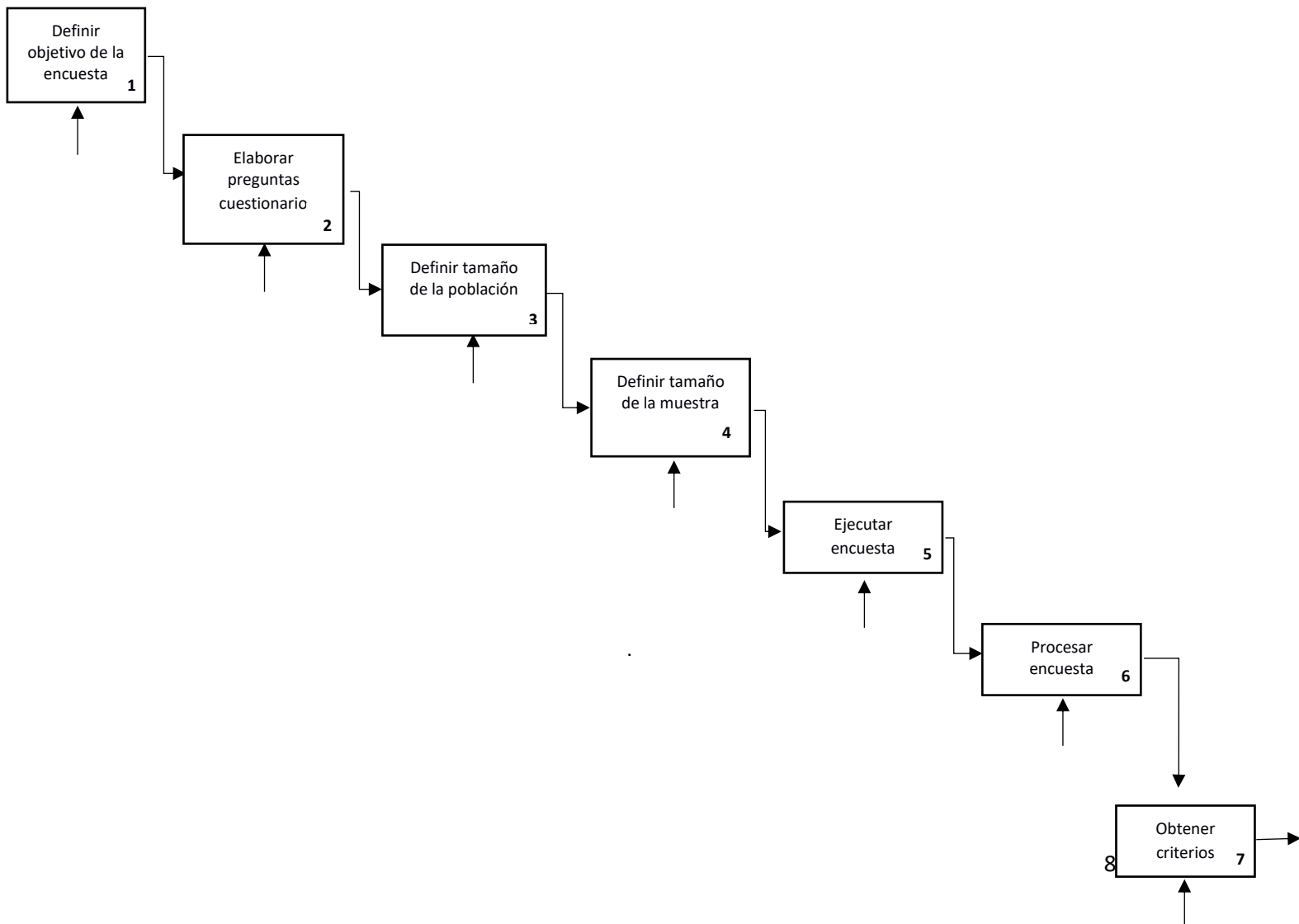


Figura 4: Diagrama de proceso Definir nuevos criterios

Descripción del subproceso Definir prioridad de los indicadores

Objetivo	Determinar el nivel de importancia de un criterio respecto a otro.
Evento(s) que lo genera(n)	Solicitud de cambio.
Pre condiciones	Listado de criterios definidos.
Marco legal	NA
Reglas de negocio	NA
Responsable	Líder de proyecto.
Entradas	Lista de criterios. Plan para la dirección del Proyecto.
Salidas	Prioridad de los indicadores
Flujo de eventos	
Flujo básico	

1. Para obtener la prioridad de cada criterio debe aplicarse el método de la Matriz de Análisis Jerárquico.
2. Cada experto debe evaluar teniendo en cuenta la escala de valores que se muestra a continuación.

<i>Calificación</i>	<i>Planteamiento verbal de la preferencia</i>	<i>Explicación</i>
<i>n</i>		
<i>Númerica</i>		
1	Misma importancia	Las dos actividades contribuyen igualmente para el objetivo.
3	Importancia pequeña de una sobre la otra	La experiencia y el juicio favorecen un poco una actividad con relación con la otra.
5	Importancia grande o esencial	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad con relación con la otra.
7	Importancia grande o demostrada	Muy grande o importancia demostrada.

9	Importancia absoluta	La evidencia favorece una actividad sobre la otra con el mayor grado de certeza.
2,4,6,8	Valores intermedios entre valores adyacentes	Cuando se busca

3. Obtener el vector de prioridad consensado, donde estén unificados los criterio de todos los expertos, en un juicio sintetizado.

4. Organizar según la prioridad de cada criterio en la lista de prioridades.

Pos-condiciones

1. Se obtienen los pesos de los criterios a evaluar.

Diagrama del proceso de negocio

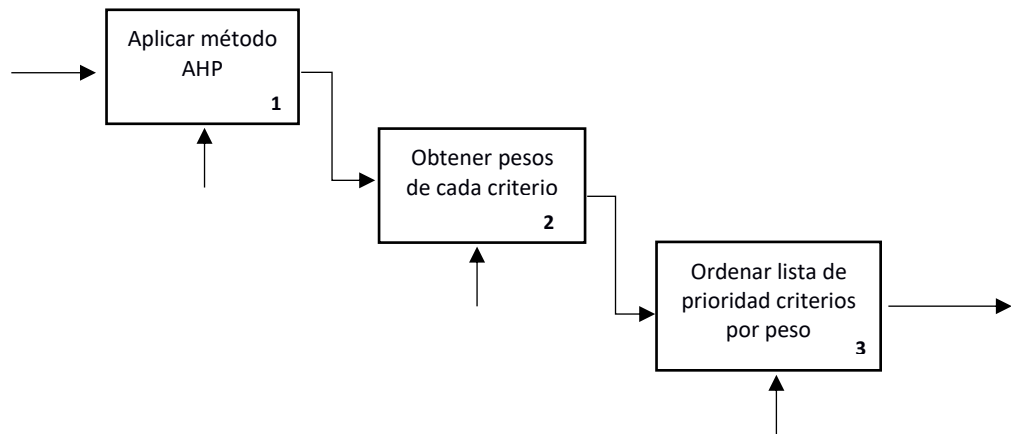


Figura 5: Diagrama de proceso Definir prioridad de los indicadores

Descripción del proceso Evaluar impacto de cambios

Objetivo	Evaluar el impacto de cada cambio con el método 2-tuplas lingüísticas.
Evento(s) que lo genera(n)	Solicitud de cambio.
Pre condiciones	Criterios definidos y con prioridad. Expertos definidos.
Marco legal	NA.
Reglas de negocio	NA.
Responsable	Líder de proyecto
Entradas	Listado de criterios Listado de expertos. Registro de cambios Cronograma del proyecto. Calendario de recursos. Registro de interesados. Registro de riesgos. Documentación de requisitos. Diagrama de red del cronograma del proyecto. Matriz de trazabilidad de requisitos. Listado de criterios a evaluar. Listado de expertos que evaluarán.
Salidas	Impacto global de cada solicitud de cambio.
Flujo de eventos	
Flujo básico	
1.	Los expertos realizan la definición de las etiquetas lingüísticas.
2.	Los expertos emiten sus valoraciones de preferencias para cada criterios.
3.	Se calcula el valor colectivo de cada criterio.
4.	Calcular el impacto global de cada criterio.
Pos-condiciones	
1.	Se obtiene el impacto de cada criterio

Diagrama del proceso

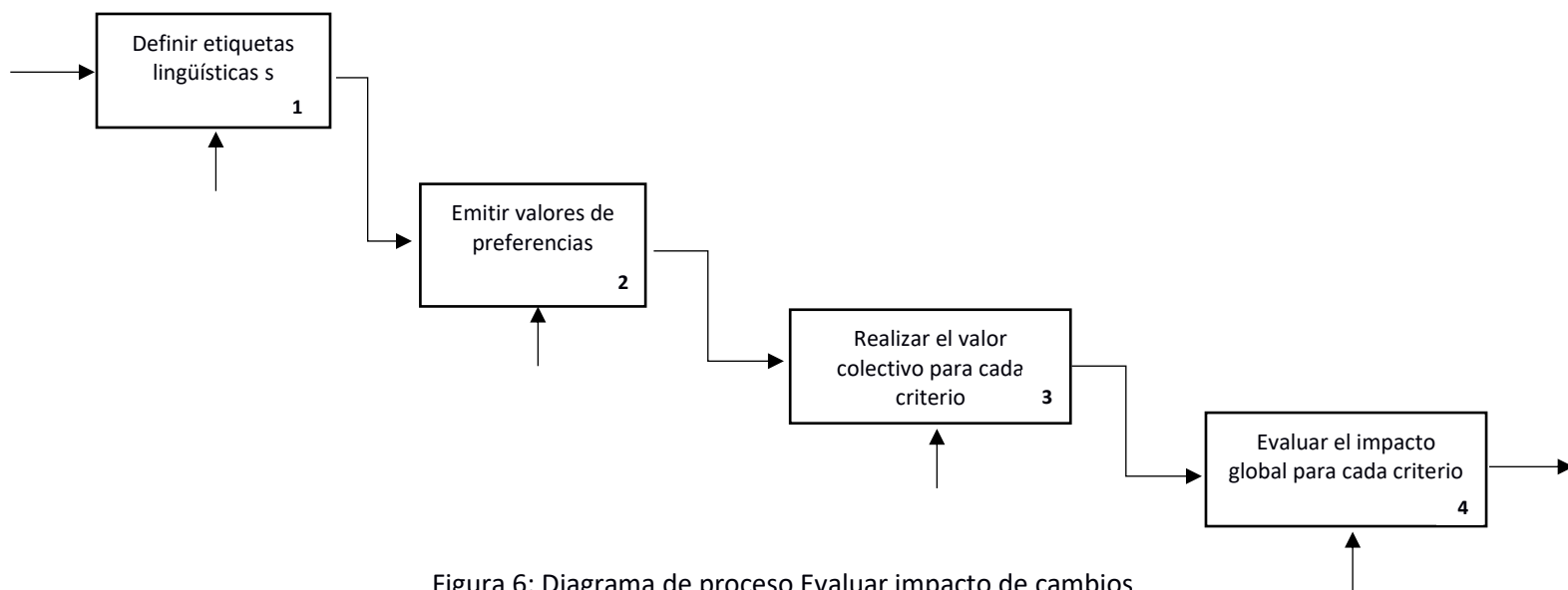


Figura 6: Diagrama de proceso Evaluar impacto de cambios

Toma de decisión

El proceso describe como realizar evaluación del impacto de cambios. El resultado aportado en cuanto al impacto de cada solicitud de cambio facilita la toma de decisiones.

Objetivo	Toma de decisiones.
Evento(s) que lo genera(n)	Solicitud de cambio.
Pre condiciones	Evaluación global de cada solicitud de cambio.
Marco legal	NA.
Reglas de negocio	NA.
Responsable	Líder de proyecto.
Entradas	Evaluación global de cada solicitud de cambio.
Salidas	Aceptar o rechazar un cambio.
Flujo de eventos	
Flujo básico	
5.	El decisor realiza la evaluación de cada alternativa para cada solicitud de cambio.
6.	El decisor realiza la elección de las alternativas para cada solicitud de cambio.
7.	Se acepta o rechaza cada una de las solicitudes de cambios.
Pos-condiciones	
2.	Solicitud de cambio aceptada o rechazada.

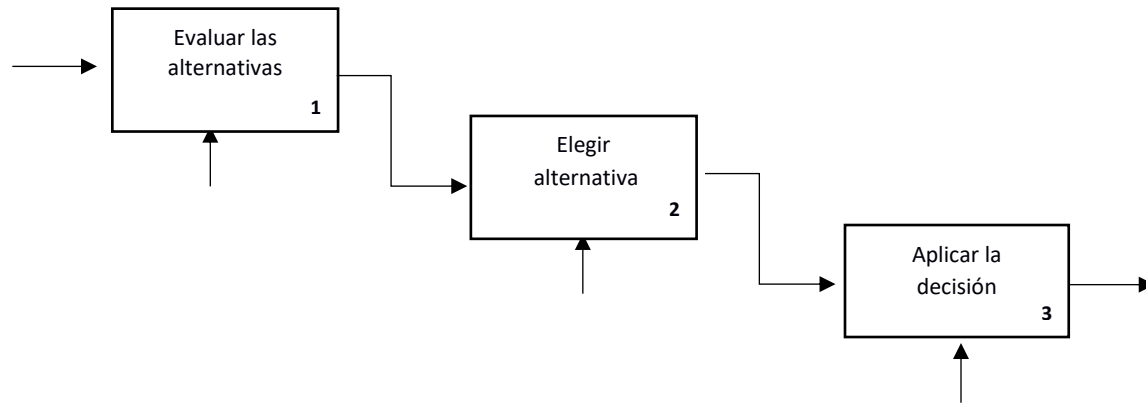
Diagrama del proceso

Figura 7: Diagrama de proceso Toma de Decisión