

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**“Modelos de análisis de impacto aplicados a la gestión de riesgos en proyectos de desarrollo de software: Una revisión sistemática de la literatura”**

**Artículo Publicable para optar el grado de Magíster en  
Informática con mención en Ingeniería de Software**

**AUTOR**

**CARLOS ALBERTO CALLA ALARCÓN**

**ASESOR**

**MG. ABRAHAM DÁVILA**

**LIMA – PERÚ**

# Agradecimientos

Quisiera extender mi agradecimiento a las siguientes personas por el apoyo brindado durante la elaboración de mi tesis de maestría:

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor de tesis, el profesor Abraham Dávila, que siempre mostró su apoyo incondicional respondiendo mis dudas de manera rápida, contestando mis llamadas en situaciones urgentes y presionándome siempre para poder lograr este objetivo de una manera satisfactoria.

A mis amigos, por la motivación para terminar la tesis, las sugerencias para hacer un mejor trabajo y los deseos de éxito.

Finalmente, a mi familia que me dan su apoyo de múltiples formas y siempre me ayudan a alcanzar mis metas trazadas.



# Resumen Ejecutivo

(ANTECEDENTES) El análisis de impacto aplicado a un proyecto de desarrollo de software permite determinar entre otros los factores o atributos que se ven afectados de manera positiva o negativa. Los valores de estos atributos como: tiempo, presupuesto y cronograma, entre otros, varían en el tiempo y deben ser controlados por el responsable del proyecto, sin embargo éstos no siempre se apoyan en la gestión de Is de manera adecuada.

(OBJETIVOS) El objetivo de este trabajo es identificar modelos de análisis de impacto aplicables para la gestión de riesgos en proyectos de desarrollo de software.

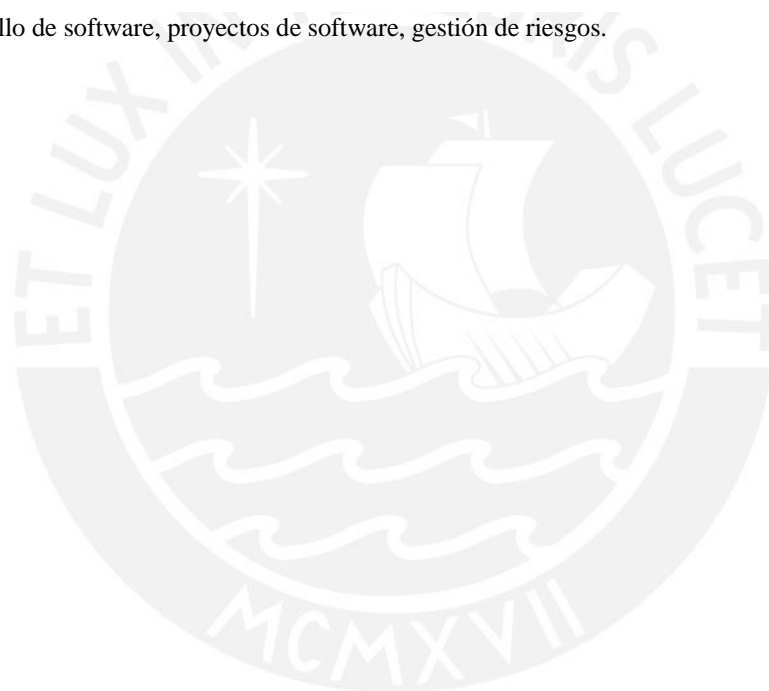
(MÉTODOS) Para este estudio se realizó una revisión sistemática de la literatura en bases de datos reconocidas.

(RESULTADOS) Se encontraron 1654 estudios primarios de análisis de impacto aplicados a proyectos de desarrollo de software y 17 artículos definiendo 21 modelos de análisis de impacto y 1 artículo de un marco comparativo entre algunos modelos existentes.

(CONCLUSIONES) A partir del análisis realizado de los estudios primarios se puede concluir que existen modelos de análisis de impacto que se han aplicado a proyectos de desarrollo de software en distintas fases y distintos aspectos. Sin embargo, ninguno de ellos aplicado a la gestión de riesgos en proyectos de desarrollo de software.

*Palabras clave:*

Análisis de impacto, desarrollo de software, proyectos de software, gestión de riesgos.



# Modelos de análisis de impacto aplicados a la gestión de riesgos en proyectos de desarrollo de software: Una revisión sistemática de la literatura

Carlos Calla  
Escuela de Graduados  
Pontificia Universidad Católica del Perú  
Lima, Perú  
carlos.calla@pucp.pe

Karin Melendez  
Departamento de Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica del Perú  
Lima, Perú  
kmelendez@pucp.pe

Abraham Dávila  
Departamento de Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica del Perú  
Lima, Perú  
abraham.davila@pucp.edu.pe

**Abstract—(ANTECEDENTES)** El análisis de impacto aplicado a un proyecto de desarrollo de software permite determinar entre otros los factores o atributos que se ven afectados de manera positiva o negativa. Los valores de estos atributos como: tiempo, presupuesto y cronograma, entre otros, varían en el tiempo y deben ser controlados por el responsable del proyecto, sin embargo éstos no siempre se apoyan en la gestión de 1s de manera adecuada. **(OBJETIVOS)** El objetivo de este trabajo es identificar modelos de análisis de impacto aplicables para la gestión de riesgos en proyectos de desarrollo de software. **(MÉTODOS)** Para este estudio se realizó una revisión sistemática de la literatura en bases de datos reconocidas. **(RESULTADOS)** Se encontraron 1654 estudios primarios de análisis de impacto aplicados a proyectos de desarrollo de software y 17 artículos definiendo 21 modelos de análisis de impacto y 1 artículo de un marco comparativo entre algunos modelos existentes. **(CONCLUSIONES)** A partir del análisis realizado de los estudios primarios se puede concluir que existen modelos de análisis de impacto que se han aplicado a proyectos de desarrollo de software en distintas fases y distintos aspectos. Sin embargo, ninguno de ellos aplicado a la gestión de riesgos en proyectos de desarrollo de software.

**Keywords—** Análisis de impacto, desarrollo de software, proyectos de software, gestión de riesgos.

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las definiciones más difundidas del análisis de impacto es el “proceso de identificar consecuencias potenciales de un cambio, o estimar que necesita ser modificado para poder implementar el cambio” [1].

Formalmente, el análisis de impacto es la actividad mediante la cual se estima el efecto que pueden tener los cambios solicitados dentro de un proyecto de desarrollo de software [2]. Dicho análisis puede realizarse de manera previa a la implementación de los cambios con la finalidad de determinar que componentes del software se verán afectados [2]. En el desarrollo de software se deben tomar en

consideración factores de calidad como confiabilidad, portabilidad, eficiencia, comprensibilidad, reusabilidad y mantenibilidad [3].

Para poder conducir el análisis, se hace una revisión de los componentes sobre los cuales se han solicitado los cambios para determinar la trazabilidad de los requerimientos de cambio, el conjunto de impactos y el alcance [4]. Una de las mayores dificultades para la conducción del análisis de impacto durante la fase de desarrollo de software es la existencia de código parcialmente implementado [5].

Existen tres pasos principales para la realización de análisis de impacto [6]: analizar la especificación del cambio, mapear los efectos potenciales e implementar los cambios solicitados. Asimismo, existen también dos tipos de metodologías bajo las cuales se puede llevar a cabo el análisis [5]: la técnica de análisis estático y la técnica de análisis dinámico. Por otro lado, una debilidad en estos enfoques de análisis de impacto es que pueden ser difíciles de aplicar en la fase de evaluación de riesgos del proyecto [3].

El análisis de impacto es parte integral del planeamiento de lanzamiento de software y del proceso de mantenimiento de software [4]. Provee soporte en el planeamiento al identificar los objetos del ciclo de vida del software (SLOs del inglés Software Life-Cycle Objects), los cuales pueden presentar cambios. Esta identificación de SLOs ayuda a los gerentes a obtener estimaciones más precisas de esfuerzo y costo de los cambios [7] y, a su vez, apoyan al planeamiento de las publicaciones del software al brindar información necesaria acerca de lo que puede ser razonablemente incluido en una publicación en un periodo de tiempo definido [8].

La finalidad del presente estudio es encontrar las diferentes metodologías, modelos y técnicas existentes destinadas a la realización del análisis de impacto dentro de un proyecto de software y proporcionar los criterios de evaluación de las mismas. Se busca también conocer de qué manera puede

influenciar la inclusión de la gestión de riesgos en los proyectos y conocer su impacto en estos.

Este artículo se encuentra distribuido en cinco secciones de la siguiente forma: la sección II contiene el marco conceptual, la sección III presenta la revisión sistemática de la literatura, la sección IV describe los resultados de la revisión y finalmente la sección V presenta las conclusiones y trabajo futuro.

## II. MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se presentan algunas definiciones del contexto sobre el cual se realiza el estudio y el objeto de análisis.

### A. Desarrollo de Software

Los proyectos de software contemplan varias fases del ciclo de vida con la finalidad de obtener un producto debidamente planificado, organizado y que satisfaga las necesidades para el cual se pensó el producto final [9]. El desarrollo de software consiste en una serie de actividades que involucra a más de una persona, especialmente en proyectos de software medianos a largos [10]. Cada fase del proceso de construcción de un producto software tiene sus propios entregables agendados para un periodo de tiempo específico, los cuales varían dependiendo de cada proyecto [9]. Cada actividad del desarrollo de software es llevada a cabo por varias combinaciones de diferentes individuos. La colaboración se lleva a cabo en todas las fases del desarrollo de software [10]. Las fases de un proyecto de desarrollo de software son investigación, planeamiento, diseño, desarrollo, pruebas, configuración y mantenimiento [9]. A continuación se presenta una breve descripción de cada fase mencionada según Despa [9]:

*Investigación:* fase donde los participantes del proyecto intercambian información. Se definen las metas del proyecto, se establecen los requerimientos, se visualiza la forma en que el producto ayudaría a alcanzar las metas, se investiga cómo otras empresas con metas similares satisficieron sus necesidades, se evalúan los requerimientos desde una perspectiva de negocio y técnica, se investiga soluciones en el mercado y; por último, se investigan herramientas a usar para la implementación del software.

*Planeamiento:* fase donde todos los elementos se ponen en orden para el desarrollo del producto software. Se define el flujo de la aplicación, se divide el flujo en pequeños subflujos, se definen las funcionalidades para cada subflujo, se define la tecnología a usar para la construcción de la aplicación y se decide la mejor metodología de trabajo para el proyecto.

*Diseño:* fase donde se define toda la disposición del proyecto. Dependiendo de la naturaleza del proyecto, el diseño puede variar desde orientado a funcionalidades complejas como también proyectos más artísticos. Aplicaciones web y móviles pueden ser más exigentes en el diseño que las aplicaciones de escritorio debido a la arquitectura más elaborada que se requiere para el correcto funcionamiento de sus módulos en conjunto.

*Desarrollo:* fase donde se escribe el código fuente de la aplicación y se construye el software. Empieza por la configuración del ambiente de desarrollo y de pruebas. Estos ambientes deben estar sincronizados usando los mismos

protocolos. Se realiza monitoreo de la codificación del software por parte del gerente de proyecto para evaluar constantemente el avance real contra el avance planeado inicialmente.

*Pruebas:* fase donde los errores de diseño y programación son identificados y corregidos. Los errores de programación pueden ser escenarios donde la aplicación se detiene repentinamente o no se comporta como debería, además también pueden ser errores de seguridad y usabilidad. Errores de diseño son inconsistencias entre lo que se pidió y lo que se implementó.

*Configuración:* fase donde la aplicación es instalada en el ambiente de producción. Esto abarca la configuración del ambiente de producción en términos de seguridad, hardware y software.

*Mantenimiento:* fase donde se abarca desarrollo posterior a la instalación y se asegura el correcto funcionamiento de la aplicación según lo planeado. Se realiza monitoreo y seguimiento.

### B. Gestión de Riesgos en Desarrollo de Software

Dado el incremento tecnológico y variedad de herramientas de software, es evidente que cada proyecto de desarrollo de software se hace único [11]. Como resultado de esto, estos proyectos presentan alteraciones de costos y fechas de entrega así como también problemas de calidad y usabilidad [11]. Es responsabilidad de la gerencia brindar un ambiente saludable, una gestión de riesgos efectiva y hacer de ella un elemento de la cultura de trabajo [11].

Los riesgos pueden ser descritos como variables del proyecto que son decisivas para el éxito del mismo [12]. Definen la probabilidad de que el proyecto de desarrollo de software experimente eventos no deseados e inadmisibles [12]. Los riesgos corresponden a la probabilidad de baja calidad de la solución de software, incremento de costos, fracaso o retrasos de entregas [12]. En la mayoría de proyectos de desarrollo de software, los riesgos se deben a cinco razones principales: uso de tecnologías nuevas y sin pruebas, requerimientos del sistema, arquitectura del sistema, rendimiento del sistema y asuntos organizacionales o no funcionales [12].

Para llevar a cabo la gestión de riesgos se pueden aplicar diferentes técnicas. En primer lugar se debe establecer procesos apropiados y buenas prácticas de gestión [13]. Se pueden usar modelos cuantitativos para asignar costos, programar metas y calificar riesgos [13]. Una técnica; por ejemplo, es separar tareas de desarrollo para poder manejar de manera más inteligente y sencilla los riesgos que se pueden presentar [13]. Para poder tratar los riesgos, es necesario primero identificarlos, diseñar planes de mitigación, diseñar planes de prevención y finalmente monitorearlos [13].

### C. Análisis de Impacto

El análisis de impacto debe recopilar información del proyecto para poder medir las consecuencias de los cambios [2]. Esta información puede provenir desde diferentes fuentes del proyecto pero de tal forma que sea información verificable y concreta. Existen dos categorías de técnicas de análisis de

impacto [14]; la técnica de análisis estático y la técnica de análisis dinámico. Ambas técnicas tienen el mismo fin pero obtienen información de diferente naturaleza [2]. El detalle de cada técnica se presenta a continuación.

### 1) Análisis estático

Las técnicas de análisis de impacto estático, en proyectos de desarrollo de software, definen un conjunto de clases potencialmente impactadas a partir del análisis de la información estática del software generada por sus correspondientes artefactos; por ejemplo, requerimientos, diseño, casos de prueba, entre otros [2].

Existen varias técnicas de análisis estático, tres de las más conocidas son: técnica de Mapas de Casos de Uso (UCM por sus siglas en inglés) [15], técnica de interdependencia de requerimientos [16] y la técnica de predicción de interacción de clases con filtros de predicción de impacto [5].

### 2) Análisis dinámico

Las técnicas de análisis de impacto dinámico, en proyectos de desarrollo de software, definen un conjunto de clases potencialmente impactadas a partir del análisis de la información dinámica del software o la ejecución del código del mismo [2].

Existen dos técnicas dentro de esta categoría, las cuales son la técnica del mecanismo de influencia [17] y la técnica del impacto de la trayectoria [18].

## III. DEFINICIÓN DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) es, usualmente, el paso inicial en cualquier investigación [19]. Muchos estudios primarios se han realizado en el campo de la Ingeniería de Software en los últimos años, acompañado por un incremento en la mejora de la metodología [19].

El término Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) es usado para referirse a la metodología de investigación desarrollada para recolectar y evaluar información disponible perteneciente a un determinado tema [19]. Esto se realiza con la finalidad de obtener todas las investigaciones disponibles referentes a una pregunta de investigación, tema o fenómeno de interés en particular [20].

La RSL involucra tareas secuenciales que deben ser realizadas de manera iterativa y son agrupadas en tres fases: planeamiento de la revisión, ejecución de la revisión y reporte de la revisión [20]. Las fuentes usadas para una RSL pueden incluir trabajos almacenados en las bases de datos digitales, así como también literatura gris de acuerdo a las necesidades de la investigación.

### A. Identificar la necesidad de la realización

Se requiere identificar los modelos disponibles para la ejecución del análisis de impacto dentro de un proyecto de desarrollo de software, esto con la finalidad de estimar los efectos que pueden tener las solicitudes de cambio sobre el mismo. Adicionalmente, se requiere identificar los atributos y características a evaluar en cada proyecto al momento de realizar el análisis de impacto.

Tomando en consideración la plantilla para elaborar objetivos de Goal-Question-Metrics [21] se ha obtenido la Tabla I de tal forma que se pueda elaborar el objetivo de la investigación.

En esta investigación se busca identificar y analizar los modelos de análisis de impacto de mayor uso en la industria de desarrollo de software para la estimación de efectos de los cambios.

TABLA I. ELABORACIÓN DEL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Campo	Valor
Objeto de estudio	Análisis de impacto.
Propósito	Identificar.
Foco	Modelos, técnicas.
Involucrados	Industria de software, desarrollo de software.
Factores de contexto	Ninguno para este caso.

### B. Formular las preguntas de investigación

Para la definición de las preguntas de investigación se tomó como punto de partida el objetivo propuesto en la investigación. A continuación se presenta en la Tabla II las preguntas de investigación y su respectiva motivación.

TABLA II. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y MOTIVACIÓN

Id	Pregunta	Motivación
PI-1	¿Cuáles de los modelos de análisis de impacto encontrados en la investigación pueden ser aplicados a la gestión de riesgos en proyectos de desarrollo de software?	Identificar qué modelos pueden ser usados para analizar el impacto que un proyecto sufre ante la ausencia o debido uso de la gestión de riesgos en proyectos de desarrollo de software.
PI-2	¿Cuáles son los atributos del proyecto a evaluar al realizar el análisis de impacto?	Determinar los atributos clave a ser evaluados durante el proceso de análisis de impacto en proyectos de desarrollo de software.
PI-3	¿Cuáles son las características de los modelos de análisis de impacto?	Identificar las principales características de los modelos de análisis de impacto para entender su funcionamiento, semejanzas y diferencias.
PI-4	¿Cuáles son los modelos existentes para la realización del análisis de impacto en proyectos de desarrollo de software?	Identificar modelos de análisis de impacto existentes aplicados en proyectos de desarrollo de software.

Además, en la Tabla III se presentan las preguntas bibliométricas que sirven de ayuda para presentar un panorama más amplio acerca de los estudios relacionados al tema de la presente investigación.

### C. Definición del protocolo de investigación

En esta sección se presentan los criterios considerados para la definición de la búsqueda de la literatura relevante para la investigación.

TABLA III. PREGUNTAS DE BIBLIOMETRÍA

Id	Pregunta	Motivación
PB-1	¿Cómo han evolucionado en el tiempo las publicaciones acerca de este tema?	Establecer una línea de tiempo de la evolución de los estudios relacionados al tema de modelos de análisis de impacto.
PB-2	¿Cuáles son las publicaciones en las que se han encontrado estudios vinculados al objeto de estudio?	Identificar en qué publicaciones y su dominio de aplicación se concentra la información relacionada al tema elegido.

**Cadena de búsqueda.** Para realizar la elaboración de la cadena de búsqueda se usó la estrategia PICO (Problema, Intervención, Comparación y Resultados) propuesta por da Costa Santos et al. [22] en un proceso iterativo donde se fue enriqueciendo la cadena con la ayuda de los resultados encontrados en cada iteración de la búsqueda.

*Población:*

Entidad: Propuestas metodológicas de análisis de impacto.

Término principal 1: impacto

Términos alternos: No aplica.

Justificante: se selecciona el término principal por ser aquello que se busca en la primera pregunta de investigación.

Término principal 2: análisis

Términos alternos: evaluación, medición, estimación, determinación, valoración.

Justificante: se define análisis como término principal al ser la búsqueda orientada al análisis de impacto. Se incluyen términos alternos equivalentes al análisis para ampliar la búsqueda y obtener mejores resultados.

*Intervención:*

Entidad: Proyectos de desarrollo de software.

Término principal 1: Proyectos de desarrollo.

Términos alternos: procesos de desarrollo, construcción de software, codificación de software.

Justificante: se define el término principal como proyectos de desarrollo debido a que se quiere encontrar en los resultados las propuestas metodológicas aplicadas a estos proyectos; además, se incluye en los términos alternativo los procesos de desarrollo para encontrar la mayor cantidad de coincidencias posibles de la aplicación de propuestas.

Comparación: No aplica para la presente investigación pues no se va a realizar comparaciones respecto de alguna referencia o patrón dado.

*Resultado:*

Entidad: Propuestas, aplicaciones.

Término principal: Propuesta

Términos alternos: caso de estudio

Justificante: en el resultado se define lo que se quiere encontrar, en este caso son las propuestas o aplicaciones de los modelos de análisis de impacto. Como termino alternativo se propone caso de estudio para encontrar la mayor cantidad de aplicaciones de los modelos.

Contexto: No aplica.

**Tipo de diseño.** En la presente RSL no ha sido considerado este elemento debido a que se buscan experiencias en general para obtener todas las propuestas metodológicas que sea posible.

**Idioma.** El idioma utilizado para la construcción de la cadena de búsqueda fue el idioma inglés debido a que la gran mayoría de los artículos de investigación relacionados al tema en cuestión están escritos en inglés. Además que es el idioma más usado en las bases de datos consultadas.

En la Tabla IV se puede apreciar el desarrollo de la estructura de la estrategia PICO a partir de la cual se define la cadena de búsqueda.

TABLA IV. TÉRMINOS EN INGLÉS Y CONECTORES LÓGICOS A SER USADOS EN LA BÚSQUEDA

Concepto	Términos en inglés
Población	Impact and (measurement or estimation or analysis or evaluation or assessment or determination) and (model or technique or propos*)
Intervención	Software and (development or construction or codification) and (project or process)
Comparación	No aplica
Resultado	Model or proposal or application or "case study"

**Tipo de búsqueda.** Para la fase inicial de la búsqueda se realizó una búsqueda semi-automática en las bibliotecas digitales previamente seleccionadas por su relevancia en el ámbito científico y por el prestigio que estas bibliotecas digitales presentan debido a su contenido.

**Criterios de inclusión y exclusión.** Los criterios considerados son:

*Criterios de Inclusión:*

CI.1. Se aceptará artículos que pertenecen a Librerías Digitales indexadas

CI.2. Se aceptará artículos de revistas científicas y ponencias de conferencias en memorias indexadas.

CI.3. Se aceptará los estudios que en su contenido describan algún modelo de análisis de impacto.

CI.4. Se aceptará los estudios que en su contenido describan modelos de análisis de impacto aplicados a la gestión de riesgos.

*Criterios de Exclusión:*

CE.1. Se rechazarán libros.

CE.2. Se rechazarán los artículos cuyas palabras clave y título sean irrelevantes con el contexto de la presente RSL.

CE.3. Se rechazarán los artículos cuyo resumen sea irrelevante con el contexto de la presente RSL.

CE.4. Se rechazarán estudios que, a pesar de que el título, resumen y contenido tenga palabras relevantes, no esté relacionado con el tema de la presente RSL.

CE.5. Se rechazarán los artículos cuyo idioma sea diferente al inglés o español.

CE.6. Se rechazarán artículos repetidos.

**Temporalidad.** Al tratarse de un tema general, en busca de modelos de análisis de impacto, se ha decidido no acotar la búsqueda por tiempo de tal manera que se pueda encontrar una considerable cantidad de modelos para la investigación.

**Fuentes de datos.** Los artículos seleccionados corresponden a fuentes seleccionadas por su relevancia científica en nuestro medio son:

- SCOPUS (<http://www.scopus.com>)
- ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com>)
- EBSCO (<http://search.ebscohost.com>)
- IEEEExplore (<http://www.ieee.org/web/publications/xplore/>)
- ProQuest (<http://www.proquest.com>)

**Procedimientos para la selección de estudios.** En la RSL se ha considerado el siguiente proceso:

- Primera etapa.- se consideraron los artículos encontrados en las fuentes seleccionadas con la cadena de búsqueda inicial definida con la estrategia PICO.
- Segunda etapa.- se revisaron las palabras clave y títulos de los estudios para aplicar los criterios de inclusión y exclusión indicados en la Tabla III.
- Tercera etapa.- se revisaron los resúmenes para aplicar los criterios de inclusión y exclusión indicados en la Tabla III.
- Cuarta etapa.- se llevó a cabo una revisión preliminar de los contenidos de los estudios haciendo énfasis en el resumen, introducción y conclusión de tal manera que se obtengan los estudios más relevantes luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión indicados en la Tabla III.

Quinta etapa.- se realizó la evaluación de la calidad sobre los estudios obtenidos en la cuarta etapa y se excluyeron aquellos resultados que no cumplen los requerimientos de calidad definidos.

**Esquema de evaluación de la calidad de estudios.** En la RSL se han incorporado criterios para la evaluación de la calidad. En la Tabla VI, según lo recomendado por Kitchenham y Charters [20] se definió una lista de

comprobación de cinco criterios de tal manera que se pueda evaluar la calidad de los estudios encontrados.

TABLA V. PROCEDIMIENTOS Y CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Procedimiento	Criterio de selección
Primera etapa	CI.1, CI.2, CE.6
Segunda etapa	CE.1, CE.2, CE.5
Tercera etapa	CE.3, CE.4
Cuarta etapa	CI.3, CI.4

Para puntuar cada criterio de los estudios de manera individual se utilizó la siguiente escala de puntuación tomada del estudio de Rouhani et al. [23]: Sí cumple (S) = 1, Cumple parcialmente (P) = 0.5 y No cumple (N) = 0, de tal manera que se obtenga una calificación entre 0 y 5 por cada estudio.

TABLA VI. LISTA DE COMPROBACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS ESTUDIOS

Nro	Criterio de evaluación de calidad
1	¿El método empleado en el estudio se encuentra apropiadamente documentado?
2	¿El dominio de aplicación para el cual se realizó el estudio se encuentra claramente descrito?
3	¿El estudio aborda las amenazas?
4	¿Las limitaciones del estudio se encuentran adecuadamente documentadas?
5	¿Se hace mención de aportes del estudio para comunidades científica, académica o para la industria?

**Estrategia para la extracción de datos.** Para la estrategia de extracción de datos relevantes para las preguntas de investigación planteadas se hizo uso de la Tabla VI basada en los criterios brindados por Kitchenham (Kitchenham, 2007). A continuación se muestra la Tabla VII utilizada:

TABLA VII. FORMULARIO PARA LA EXTRACCIÓN DE DATOS

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador		
Fuente		
Título		
Autores		
Publicación		
Año de publicación		
Tipo de publicación		
Modelos de análisis de impacto		
Objetivo del análisis		
Características de los modelos		
Atributos analizados por los modelos		
Dominio de aplicación		

**Estrategia para la síntesis de datos.** Para la presente investigación se optó por realizar una síntesis narrativa basada en el marco de trabajo descrito por Popay et al. [24]. Se consideró los siguientes elementos:



1. Análisis preliminar usando la estrategia definida para la extracción de datos de tal manera que se obtenga una descripción inicial de los resultados obtenidos.
2. Utilizando la información obtenida de la síntesis preliminar, explorar las relaciones entre los estudios y los aspectos más importantes que analizan.

**Validar el protocolo de investigación.** El protocolo de la RSL fue revisado en primer lugar por un par investigador (Karin Meléndez) y revisado por un investigador experimentado (Abraham Dávila).

Las observaciones encontradas por las revisiones iniciales estuvieron referidas a las preguntas de investigación y la cadena de búsqueda según la metodología PICO. Luego, surgieron observaciones relacionadas con los criterios de inclusión y exclusión de los resultados de la búsqueda ya que éstos no estaban bien definidos.

Se levantó las observaciones de acuerdo a las indicaciones refinando la cadena de búsqueda y la metodología PICO e incluyendo criterios de inclusión y exclusión más elaborados.

#### IV. RESULTADOS

De acuerdo a los lineamientos presentados en la guía de Kitchenham [20], una vez obtenida la conformidad del protocolo de la revisión, se procede a la ejecución de la misma. A continuación se presenta a detalle las actividades realizadas para la ejecución de la revisión.

##### A. Obtener resultados de la búsqueda

Según los pasos definidos en la sección III, la selección de estudios comienza con la ejecución de la cadena de búsqueda en las librerías digitales. En la Tabla VIII se muestran los resultados de las cadenas de búsquedas ingresadas en cada base de datos.

En todos los casos fue necesario modificar la cadena de búsqueda de acuerdo a la sintaxis propia de cada base de datos o a la cantidad de resultados obtenidos debido a que, en algunos casos, se obtuvo gran cantidad de estudios.

Se usó la opción de “búsqueda avanzada” en todos los casos de tal manera que se pueda ingresar de manera detallada todos los términos de la cadena de búsqueda.

Para la base de datos ProQuest se realizó la exportación de resultados directamente a formato Excel (.xls) ya que no estaba disponible la exportación a formato BibText (.bib). Para todas las demás bases de datos se realizó la exportación de resultados a formato BibText.

Las referencias encontradas fueron manejadas con la ayuda de la herramienta gratuita Zotero (<http://www.zotero.org>) disponible para el navegador Mozilla Firefox. Esta herramienta permitió la importación de los archivos en formato BibText y su posterior exportación a formato CSV por cada una de las bases de datos para luego poder llevar a cabo el proceso de selección de estudios sobre estos archivos.

##### B. Seleccionar los estudios primarios

Las referencias de los estudios encontrados en la búsqueda inicial descrita en la sección previa fueron exportadas en formato BibText o CSV dependiendo de la disponibilidad y fueron luego consolidadas en un archivo de formato XLS. Con la ayuda del archivo consolidado se llevó a cabo el procedimiento de selección de estudios primarios descrito en la sección IV. A continuación se detallan los pasos llevados a cabo durante el procedimiento de selección:

TABLA VIII. RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA

Base de Datos	Fecha	Total
<b>Cadena de Búsqueda</b>		
SCOPUS	Abril 2016	1309
TITLE-ABS((impact and (measurement or estimation or analysis or evaluation or assessment or determination)) and (software and (development or construction or codification) and (project or process)) and (model or technique or propos* or application or "case study")) AND ( LIMIT-TO(SUBJAREA,"COMP" ) OR LIMIT-TO(SUBJAREA,"ENGI" ) ) AND ( LIMIT-TO(LANGUAGE,"English" ) OR LIMIT-TO(LANGUAGE,"Spanish" ) ) AND ( LIMIT-TO(DOCTYPE,"cp" ) OR LIMIT-TO(DOCTYPE,"ar" ) )		
SCIENCE DIRECT	Abril 2016	194
TITLE-ABSTR-KEY((impact and (measurement or estimation or analysis or evaluation or assessment or determination)) and (software and (development or construction or codification) and (project or process)) and (model or technique or propos* or application or "case study"))		
IEEE Xplore	Abril 2016	60
((impact and (measurement or estimation or analysis or evaluation or assessment or determination)) and ("software engineering" and software and (development or construction or codification) and (project or process)) and (model or technique or proposal or application or "case study")) and refined by Content Type: Conference Publications Journals & Magazines		
EBSCOhost Web	Abril 2016	65
determination)) and ("software engineering" and software and (development or construction or codification) and (project or process)) and (model or technique or proposal or application or "case study"))		
ProQuest	Abril 2016	265
ti((impact AND (measurement OR estimation OR analysis OR evaluation OR assessment OR determination)) AND (software AND (development OR construction OR codification) AND (project OR process)) AND (model OR technique OR propos* OR application OR "case study")) OR ab((impact and (measurement or estimation or analysis or evaluation or assessment or determination)) and (and software and (development or construction or codification) and (project or process)) and (model or technique or propos* or application or "case study"))		

Primera etapa: La lista de estudios fue ordenada por el campo “Título” con la finalidad de identificar los estudios duplicados. Se encontró estudios duplicados en las bases de datos indexadas Scopus y ScienceDirect únicamente. Debido que la cantidad de estudios encontrados en Scopus era considerablemente mayor a los encontrados en ScienceDirect, se consideró a Scopus como referencia para llevar el conteo de los estudios duplicados y eliminarlos de la lista de hallazgos en ScienceDirect.

Segunda etapa: Se procedió con la revisión de títulos de los estudios con la finalidad de excluir aquellos que no eran relevantes para el tema de la investigación. Además, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión definidos para la presente etapa.

Tercera etapa: Se procedió con la revisión de resúmenes de los estudios de tal manera que se excluyan aquellos que, a pesar de presentar un título relevante para el tema de la investigación en la segunda etapa, no presenten un aporte significativo con el tema de la investigación.

Cuarta etapa: Se procedió con la revisión del contenido de los estudios obtenidos en la tercera etapa. Para llevar a cabo dicha revisión fue necesario descargar los estudios completos de las librerías indexadas. Para la revisión se tomó en principal consideración los resúmenes, introducción, objetivo del estudio y conclusiones. Aquellos que no tenían relevancia con la investigación fueron excluidos.

A continuación se muestra la Tabla IX y en el Apéndice A con los resultados del proceso de selección y los estudios seleccionados respectivamente:

TABLA IX. RESULTADOS DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE ESTUDIOS

Base de datos	Artículos Obtenidos	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
SCOPUS	1309	1309	122	25	11
Science Direct	194	185	11	4	1
IEEE	60	60	19	8	2
EBSCOhost Web	818	86	22	8	3
ProQuest	265	14	7	7	0
<b>Total</b>	<b>2646</b>	<b>1654</b>	<b>181</b>	<b>52</b>	<b>17</b>

### C. Evaluar la calidad de los estudios

Los criterios de inclusión y exclusión definidos en la sección III fueron aplicados sobre los 17 artículos resultantes de la selección de estudios primarios. A partir de los resultados de la evaluación de la calidad mostrados en la Tabla X se puede observar que alrededor del 15% de artículos presenta una calificación menor al 50% según los criterios definidos, lo cual se considera como buen indicador de la calidad de los estudios elegidos.

TABLA X. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ESTUDIOS

ID	C1	C2	C3	C4	C5	Total
1	1	1	0.5	0.5	1	4
2	1	1	0	0	1	3
3	1	1	0	0	0.5	2.5
4	0.5	1	0	0	1	2.5
5	0.5	1.0	0	0	0.5	2
6	1	1	0	0.5	0.5	3
7	1	0	0	0.5	0.5	2
8	1	1	0.5	0.5	0.5	3.5
9	1	0.5	0.5	1	0.5	3.5
10	1	1	0	0.5	1	3.5
11	1	0.5	1	1	0.5	4
12	1	0.5	1	0.5	1	4
13	1	1	0	0	0.5	2.5
14	1	0.5	0	0	0.5	2
15	1	1	1	0	0.5	3.5
16	1	1	0	0	0.5	2.5
17	1	1	0.5	0.5	1	4

### D. Extraer los datos relevantes

Del total de 17 estudios obtenidos a través de la selección de estudios primarios, se siguió con el procedimiento descrito por Kitchenham [20] y fueron sometidos a la extracción de datos según el formulario diseñado para dicho propósito, el cual se basó en los lineamientos propuestos en dicha guía, con la finalidad de responder las preguntas de investigación planteadas para esta RSL.

Con estos lineamientos en consideración se diseñó el formulario definido en la sección III para la extracción de toda la información pertinente y relevante de cada uno de los estudios seleccionados tal que contribuya a dar respuesta a las preguntas de investigación. Se procedió a leer cada estudio y de manera paralela se realizó el llenado del formulario correspondiente, el cual fue realizado en el mismo idioma del artículo analizado. Para los criterios que no se encontró información alguna se llenaron con las siglas NSI (No se encontró información).

En la Tabla XI se observa a manera de ejemplo uno de los formularios llenados durante la extracción. En el Apéndice B se encuentran detallados todos los formularios de extracción.

TABLA XI. EJEMPLO DE EXTRACCIÓN DE DATOS DE UN ESTUDIO PRIMARIO

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	1	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	The agile practices impact model: Idea, concept, and application scenario	PB-1
Autores	Diebold, P.; Zehler, T.	PB-1
Publicación	International Conference on Software and System Process	PB-1
Año	2015	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Agile practices impact model (APIM)	PI-1
Objetivo del análisis	Build an overall model that includes the impact of at least the most commonly used agile practices	PI-2
Características de los modelos	APIM is a model for representing the influence (impact) of agile practices on different characteristics. It consists of different elements and necessary connections between these elements to present the influencing impact.	PI-2
Atributos analizados por los modelos	development time, development costs, productivity, quality (product and process), customer involvement, satisfaction and communication, organization, infrastructure, risks	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

### E. Análisis bibliométrico

En la presente sección se realiza el análisis bibliométrico de los artículos elegidos para esta revisión de acuerdo a factores como tiempo, tipo de artículo y tema tratado.

#### 1. Pregunta de bibliometría 1 (PB-1)

¿Cómo han evolucionado en el tiempo las publicaciones acerca de este tema?

En la Fig. 1 se puede observar la cantidad de estudios publicados por año. Se puede deducir que a partir del año 2009 se publicaron alrededor del 68% del total de estudios seleccionados, considerándose un notable incremento en el número de publicaciones del tema elegido. Del total de 17 artículos seleccionados, un 63% (12) fueron publicados a partir del año 2009 y el 37% restante fueron publicados entre 1989 y 2008.

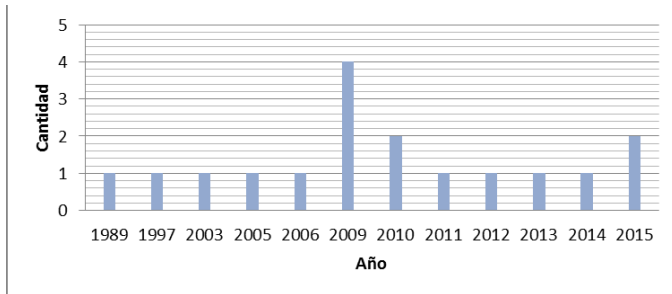


Fig. 1. Publicaciones en el tiempo. Elaboración propia.

## 2. Pregunta de bibliometría 2 (PB-2)

¿Cuáles son las publicaciones en las que se han encontrado estudios vinculados al objeto de estudio?

En la Tabla XII se presentan las publicaciones en donde se han encontrado los estudios primarios. A partir de la información mostrada se puede concluir que un 52% de las publicaciones pertenecen al dominio de aplicación de la ingeniería de software.

TABLA XII. PUBLICACIONES CORRESPONDIENTES A LOS ESTUDIOS PRIMARIOS

Publicación	Cantidad
2005 IEEE Aerospace Conference	1
2nd Workshop on the Analysis of Model Transformations	1
B3haviour & Information Technology	1
IEEE Transactions on Engineering Management	1
IEEE Transactions on Software Engineering	1
Information and Software Technology	1
International Conference on Engineering design	1
International Conference on Software and System Process	1
Journal of Mathematical Sociology	1
Model-Driven Requirements Engineering Workshop	1
Power Engineering Conference (UPEC), 2014 49th International Universities	1
Proceedings of the European Conference on Software Maintenance and Reengineering	1
Proceedings of the FSE/SDP workshop on Future of software engineering research	1
Proceedings of the the 7th joint meeting of the European software engineering conference and the ACM SIGSOFT symposium on The foundations of software engineering	1
Proceedings of the Twenty-Second Annual Hawaii International Conference on System Sciences	1
Software Technology and Engineering Practice	1
Working Conference on Reverse Engineering	1

## F. Sintetizar los datos extraídos

Una vez realizada la extracción de datos según la metodología definida en la sección 3 se eligieron un total de 17 estudios en los cuales se presentan análisis de impactos sobre diferentes elementos de la ingeniería de software, asimismo también se presentan nuevos marcos metodológicos para la realización de un análisis de impacto sobre temas específicos. Se elaboró una lista de los modelos de análisis de impacto encontrados durante la extracción de datos la cual se presenta en la Tabla XIII.

TABLA XIII. MODELOS DE ANÁLISIS DE IMPACTO

ID	Dominio de Aplicación	Modelo de Análisis de Impacto	Fecha
1	Software Engineering	Agile practices impact model (APIM)	2015
2	Model Transformation	Automatic impact analysis model for software architecture migration	2013
3	Software Engineering	TROPOS, NFR	2012
4	Software Engineering	CIASYS, Static analysis, Dynamic analysis	2011
5	Software Engineering	Software cost and defect model	2010
6	Software Engineering	Traceability, dependency and experimental IA	2009
7	Software Engineering	Analysis based on research questions	2009
8	Software Engineering	Analysis based on hypothesis formulation	2009
9	Software Engineering	Direct-impact model, Mediated-impact model	2003
10	Software Technology	Change impact analysis	1997
11	Computer Science	Formal experiments, Single site field studies, Multi site surveys	1989
12	Software Technology	Risk analysis framework ProSim/ORP (Operational release planning)	2010
13	Power Engineering	Single Machine equivalent modeling (SIME)	2014
14	Aerospace engineering	Feature based and model based	2005
15	Reverse Engineering	Analysis based on research questions	2015
16	Information Technology	Analysis based on hypothesis formulation	2009
17	Mathematics	Analysis based on research questions	2006

### 1. Pregunta de investigación 1 (PI-1)

¿Cuáles de los modelos de análisis de impacto encontrados en la investigación pueden ser aplicados a la gestión de riesgos en proyectos de desarrollo de software?

Como ya se mencionó, la mayoría de estudios en análisis de impacto en proyectos de desarrollo de software se enfocan en el impacto de cambios de requerimientos; sin embargo, en los estudios encontrados sobresale un modelo que se puede aplicar al impacto del uso de la gestión de riesgos. Este modelo es el modelo APIM (Agile Practices Impact Model), con el cual se puede analizar el impacto que sufre en un proyecto al incorporar o dejar de usar una práctica ágil. El modelo es aplicable debido a que no necesita que la práctica a analizar sea estrictamente ágil. APIM analiza los factores de la práctica que

influyen en el proyecto y analiza si este impacto es positivo o negativo. El impacto se analiza a través de varios atributos descritos en el apéndice A en donde se presenta la extracción de información.

En general, APIM es un modelo para representar la influencia de prácticas ágiles en diferentes características o atributos. Este modelo consiste en diferentes elementos y conexiones necesarias entre estos elementos para presentar el impacto. En la Fig. 2 que presenta el meta modelo de APIM se puede apreciar cómo estos diferentes elementos se conectan [25].

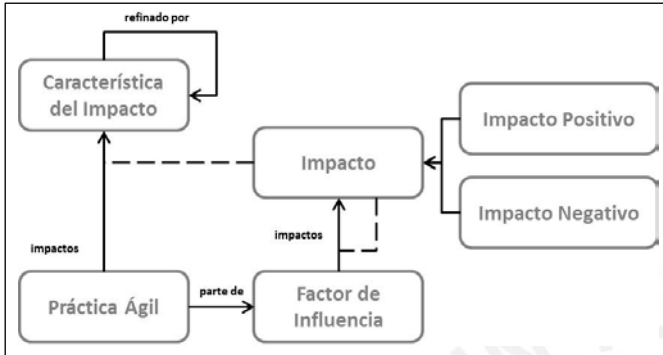


Fig. 2. APIM meta model. Elaboración propia basado en [25].

Las características de impacto del proyecto son un elemento importante del APIM [25]. A continuación, en la Fig. 3 se presenta, a manera de ejemplo, una lista inicial de posibles características de impacto.

- L Tiempo de desarrollo
- L Costos de desarrollo
- L Productividad
- L Calidad
  - L Producto
  - L Proceso
  - L Transparencia
  - L Documentación
- L Cliente
  - L Colaboración
  - L Satisfacción
  - L Comunicación
- L Organización
  - L Cultura
  - L Factores humanos
  - L Colaboración interna
  - L Roles y responsabilidades
  - L Estructura organizacional
  - L Manejo del conocimiento
- L Infraestructura
- L Riesgos

Fig. 3. Características del Impacto. Elaboración propia basado en [25].

Nótese que algunas características de impacto pueden jerarquizadas para un mayor nivel de abstracción y lograr un análisis de impacto más detallado.

### 2. Pregunta de investigación 2 (PI-2)

*¿Cuáles son los atributos del proyecto a evaluar al realizar el análisis de impacto?*

En los casos de estudio revisados durante la investigación, se encontró que los atributos de los proyectos de desarrollo de software a evaluar variaban dependiendo del enfoque planteado

en el análisis y de las interrogantes que el caso de estudio deseaba resolver. Sin embargo, en la gran mayoría de casos se encontró que había unos atributos comunes que se usaban como indicadores de impacto en los proyectos. Estos atributos en común son el tiempo de desarrollo, costos de desarrollo, productividad del equipo y calidad del producto.

Para los modelos de análisis de impacto de cambios de requerimientos del software, los atributos evaluados más comunes fueron el código fuente, los logs de las ejecuciones del código, las pruebas del software ya sean unitarias o integrales y la documentación en general (documento de diseño, documento de pruebas, documento de riesgos, entre otros).

Otros modelos de análisis de impacto que no analizaban específicamente los cambios de requerimientos de software sino que analizaban el impacto de implementar alguna práctica en el proyecto evaluaba, en su mayoría, la documentación del proyecto referente a la práctica que se desea implementar o retirar del proyecto; por ejemplo, para un caso de estudio donde se analizaba el impacto de una migración de infraestructura se evaluaba la documentación referente a infraestructura, base de datos, arquitectura y demás relacionados; para un caso de estudio en el cual se analizaba el impacto de implementar prácticas ágiles en el proyecto se evaluaba la documentación del diseño, pruebas, riesgos, entre otros relacionados a las prácticas ágiles a implementar.

### 3. Pregunta de investigación 3 (PI-3)

*¿Cuáles son las características de los modelos de análisis de impacto?*

La mayoría de los modelos de análisis de impacto encontrados en la investigación se enfocan en analizar el impacto de los cambios de requerimientos de software. Para este tipo de análisis existen técnicas que evalúan información estática e información dinámica del proyecto. Sin embargo, poca es la información debidamente documentada encontrada con respecto al análisis de impacto de incorporar una práctica o proceso en un proyecto de desarrollo de software; por ejemplo, cómo impacta el aplicar una nueva práctica ágil a un proyecto o cómo impacta dejar de elaborar una gestión de riesgos en el proyecto.

### 4. Pregunta de investigación 4 (PI-4)

*¿Cuáles son los modelos existentes para la realización del análisis de impacto en proyectos de desarrollo de software?*

Durante la extracción de información relevante se pudieron encontrar diferentes modelos de análisis de impacto sobre diferentes elementos de la ingeniería de software. Como se muestra en la Fig. 4, en el análisis se pudo observar que los modelos de análisis de impacto se pueden agrupar por tipos dependiendo de los elementos que analizan; sin embargo, cada modelo puede ser único para cada caso dadas las variables y criterios que se aplican específicamente para cada caso de estudio.

### G. Amenazas de la validez

Durante la realización de esta RSL fueron utilizadas 5 bases de datos digitales; no obstante, la cantidad de artículos que

pasaron los filtros de los criterios de inclusión y exclusión fue ínfima, no encontrándose varios de los artículos utilizados como parte de la bibliografía de esta revisión.

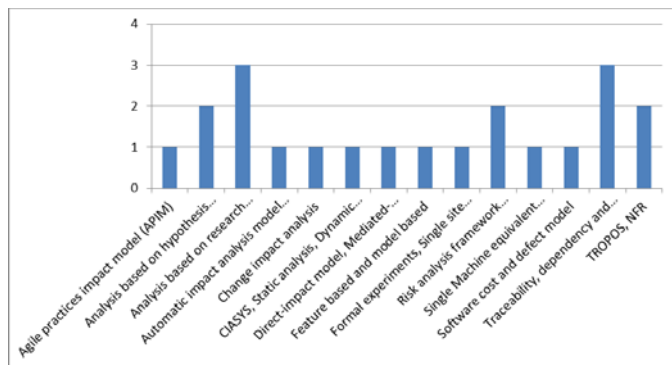


Fig. 4. Modelos de análisis de impacto. Elaboración propia.

Asimismo, se ha de tomar en cuenta que los criterios de inclusión estaban basados en el título y el resumen de cada artículo, pudiendo haber descartado artículos en los cuales estos elementos no hayan sido redactados de manera adecuada o no transmitan el verdadero propósito del estudio.

En temas de réplica del presente estudio, toda la información necesaria para poder replicarlo se encuentra disponible en internet y todas las fuentes utilizadas se encuentran documentadas adecuadamente en la bibliografía.

#### H. Lecciones aprendidas

Las lecciones aprendidas durante la realización de esta RSL son:

Desde una perspectiva académica, el tema elegido para el estudio no se encuentra abordado formalmente lo que dificulta la realización de estudios sobre el mismo ya que la información disponible se encuentra dispersa y no cuenta con un marco metodológico apropiado.

En el caso particular de esta revisión, resulta conveniente recurrir a la literatura gris y realizar modificaciones (relajar) la cadena de búsqueda con la finalidad de tener una mejor calidad en los resultados de la búsqueda y poder cumplir adecuadamente con el propósito del estudio.

Contar con conocimiento del objeto de estudio a priori es fundamental para poder diseñar los criterios de inclusión y exclusión adecuados y poder realizar la selección de artículos de manera que satisfaga las expectativas de la revisión.

#### V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se puede concluir que a pesar de la demanda de herramientas de análisis de impacto en la industria de software, las técnicas o modelos existentes no han madurado lo suficiente en mayor parte debido a sus limitaciones y también debido a lo específico que puede ser cada caso de estudio. Adicionalmente, en el área donde se encontró más información es en el análisis de impacto de cambios de requerimientos del software, habiéndose encontrado técnicas clasificadas de manera ordenada según su naturaleza tanto para prever el impacto de posibles cambios como para evaluar el impacto

concreto de cambios realizados. Por otro lado, fue poca la información encontrada respecto al análisis de impacto de implementar o dejar de usar prácticas, técnicas o procedimientos en los proyectos de desarrollo de software; por ejemplo, el análisis de impacto de implementar prácticas ágiles en un proyecto. Se encontró un modelo importante que analiza el impacto de incorporar prácticas ágiles en proyectos de desarrollo de software pero, como se mencionó anteriormente, la mayor parte de los estudios se enfocan en el impacto de cambios de requerimientos.

Como trabajo futuro se plantea realizar un caso de estudio basado en evidencia al desarrollar un análisis de impacto en un proyecto ya finalizado que se encuentre debidamente documentado a lo largo de su ciclo de vida. El tema que se propone analizar es el uso de la gestión de riesgos en el proyecto. A partir de los modelos de análisis de impacto encontrados en la presente investigación y tomando en cuenta las características y atributos principales para el análisis, se propone implementar el análisis de impacto sobre el proyecto escogido para entender de qué manera positiva o negativa impacta el uso de la gestión de riesgos sobre el proyecto. El trabajo puede requerir aplicar criterios específicos en el análisis ya que, como se mencionó en la investigación, los atributos a evaluar pueden variar dependiendo de lo que se analiza en cada caso de estudio.

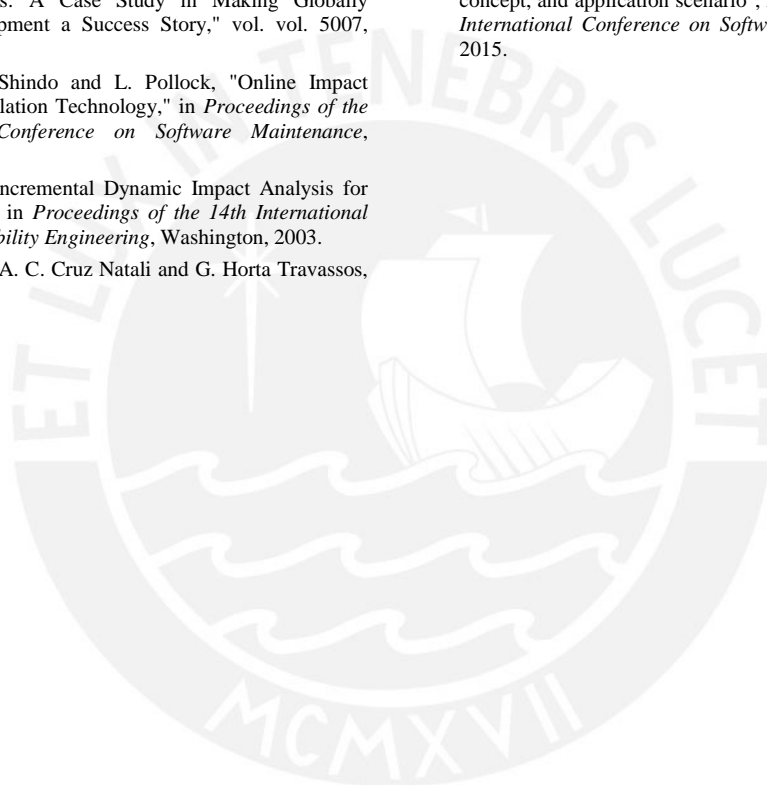
#### RECONOCIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del Proyecto de ProCal-ProSer financiado por Innóvate Perú bajo el Contrato N° 210-FINCYT-IA-2013 y soportado parcialmente por el Departamento de Ingeniería y el Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de Software (GIDIS) de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

#### REFERENCIAS

- [1] S. A. Bohner and R. S. Arnold, "Impact Analysis - Towards a Framework for Comparison," in *Proceeding of the International Conference on Software Maintenance*, Montreal, Canada, 1993.
- [2] N. Kama, "Change Impact Analysis for the Software Development Phase: State-of-the-art," *International Journal of Software Engineering and its Applications*, pp. 235-244, 2013.
- [3] R. J. Turver and M. Munro, "An Early Impact Analysis Technique for Software Maintenance," *Software Maintenance: Research and Practice*, vol. vol. 6, pp. 35-52, 1994.
- [4] S. A. Bohner, "Impact Analysis in the Software Change Process: A Year 2000 Perspective," *IEEE*, 1996.
- [5] N. Kama and F. Azli, "Requirement Level Impact Analysis with Impact Prediction Filter," *Proceeding of the 4th International Conference on Software Technology and Engineering*, 1-2 September 2012.
- [6] S. A. Bohner, "Software Change Impacts- An Evolving Perspective," in *Proceeding of the International Conference on Software Maintenance*, Montreal, Canada, 2002.
- [7] S. A. Bohner and R. S. Arnold, "Software Change Impact Analysis," *IEEE Computer Society*, 1996.
- [8] S. R. Vallabhaneni, "Auditing the Maintenance of Software," *Prentice-Hall*, 1987.
- [9] M. L. Despa, "Comparative study on software development methodologies," *Bucharest University of Economic Studies*, vol. V, no. 3, 2014.
- [10] T. F. Kusumasari, I. Supriana, K. Surendro and H. Sastramihardja,

- "Collaboration model of software development," *Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*, pp. 1-6, 2011.
- [11] C. Verma and S. A. Amin, "Significance of healthy organizational culture for superior risk management during software development," *Developments in E-systems Engineering (DESE)*, pp. 182-189, 2010.
- [12] Y. Tao, "A study of software development project risk management," *Future Information Technology and Management Engineering*, pp. 309-312, 2008.
- [13] J. Münch, "Risk management in global software development projects: Challenges, solutions, and experience," in *Global Software Engineering Workshop (ICGSEW)*, 35, 2011.
- [14] M. A. Jashki, R. Zafarani and E. Bagheri, "Towards a More Efficient Static Software Change Impact Analysis Method," in *Proceedings of the 8th ACM SIGPLAN-SIGSOFT Workshop on Program analysis for Software Tools and Engineering*, Atlanta, Georgia, 2008.
- [15] J. Hassine, J. Rilling, J. Hewitt and R. Dssouli, "Change Impact Analysis for Requirement Evolution Using Use Case Maps," *Proceeding of the 8th International Workshop on Principles of Software Evolution*, September 2005.
- [16] Y. Li, J. Li, Y. Yang and L. Mingshu, "Requirement-centric Traceability for Change Impact Analysis: A Case Study in Making Globally Distributed Software Development a Success Story," vol. vol. 5007, 2008.
- [17] B. Breech, A. Danalis, S. Shindo and L. Pollock, "Online Impact Analysis via Dynamic Compilation Technology," in *Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Software Maintenance*, Washington, 2004.
- [18] J. Law and G. Rothermal, "Incremental Dynamic Impact Analysis for Evolving Software Systems," in *Proceedings of the 14th International Symposium on Software Reliability Engineering*, Washington, 2003.
- [19] J. Biolchini, P. Gomes Mian, A. C. Cruz Natali and G. Horta Travassos, *Systematic Review in Software Engineering*, Brasil: Systems Engineering and Computer Science Department, 2005.
- [20] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering," *Elsevier*, 2007.
- [21] R. Van Solingen and E. Berghout, *The Goal/Question/Metric Method: a practical guide for quality improvement of software development*, London: McGraw-Hill Publishing Company, 1999.
- [22] C. M. da Costa Santos, C. A. de Mattos Pimenta and M. R. Cuce Nobre, "A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências," *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, vol. 15, no. 3, June 2007.
- [23] B. D. Rouhani, M. N. Mahrin, F. Nikpay, R. B. Ahmad and P. Nikfard, "A systematic literature review on Enterprise Architecture Implementation Methodologies," *Information and Software Technology*, vol. 62, pp. 1-20, Junio 2015.
- [24] J. Popay, H. Roberts, A. Sowden, M. Petticrew, L. Arai, M. Rodgers, N. Britten, K. Roen and S. Duffy, "Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews," *A product from the ESRC methods programme*, 2006.
- [25] P. Diebold and T. Zehler, "The agile practices impact model: idea, concept, and application scenario", *ICSSP 2015 Proceedings of the 2015 International Conference on Software and System Process*, pp. 92-96, 2015.



## Apéndice

### A. Artículos Seleccionados

Se procede a presentar la relación de artículos seleccionados durante el proceso.

ID	Biblioteca	Título	Autor	Año	Tipo de Documento
1	SCOPUS	The agile practices impact model: Idea, concept, and application scenario	Diebold, P.; Zehler, T.	2015	Conference Paper
2	SCOPUS	Automatic impact analysis of software architecture migration on model driven software development	Agirre, J.; Etxeberria, L.; Sagardui, G.	2013	Journal Article
3	SCOPUS	Change impact analysis of indirect goal relations: Comparison of NFR and TROPOS approaches based on industrial case study	Teka, A.a; Condori-Fernández, N.a; Kurtev, I.a; Quartel, D.b; Engelsman, W.b	2012	Conference Paper
4	SCOPUS	CIASYS - Change impact analysis at system level	Tóth, G.a; Nagy, C.a; Jász, J.a; Beszédes, A.a; Fülöp, L.J.b	2011	Conference Paper
5	SCOPUS	Towards predictive models of technology impact on software design productivity	Lowry, M.R.	2010	Journal Article
6	SCOPUS	Assessing impact analysis practice to improve change management capability	Kilpinen, M.a; Eckert, C.b; Clarkson, P.J.a	2009	Journal Article
7	SCOPUS	On the relationship between process maturity and geographic distribution: An empirical analysis of their impact on software quality	Cataldo, M.a; Nambiar, S.b	2009	Journal Article
8	SCOPUS	Impact of budget and schedule pressure on software development cycle time and effort	Nan, N.a; Harter, D.E.b	2009	Conference Paper
9	SCOPUS	Structural analysis of the impact of knowledge creation and knowledge embedding on software process capability	Ravichandran, T.a; Rai, A.b	2003	Journal Article
10	SCOPUS	Supporting impact analysis and change propagation in software engineering environments	Han, Jun	1997	Conference Paper
11	SCOPUS	Agenda for research in the managerial evaluation of computer-aided software engineering (CASE) tool impacts	Kemerer, Chris F.	1989	Journal Article
12	SCIENCE DIRECT	Studying the impact of uncertainty in operational release planning – An integrated method and its initial evaluation	Al-Emran, Ahmed; Kapur, Puneet; Pfahl, Dietmar; Ruhe, Guenther	2010	Journal Article
13	IEEE	Analyzing the impacts of data quality and availability on system stability analysis using single machine equivalents	Saunders, C. S.; Taylor, G. A.; Liu, Y.; Liu, J.	2014	Journal Article
14	IEEE	Autonomous impact damage detection and isolation prediction for aerospace structures	Roemer, M. J.; Ge, Jianhua; Liberson, A.; Tandon, G. P.; Kim, R. Y.	2005	Conference Paper
15	EBSCO	An empirical study of the effect of file editing patterns on software quality.	Feng, Zhang; Foutse, Khomh; Ying, Zou; Hassan, Ahmed E.	2015	Journal Article
16	EBSCO	Virtual communities as a resource for the development of OSS projects: the case of Linux ports to embedded processors.	Toral, S. L.; Martinez-Torres, M. R.; Barrero, F. J.	2009	Conference Paper
17	EBSCO	Who You Know vs. What You Know: The Impact of Social Position and Knowledge on Team Performance.	Ashworth, Michael J.; Carey, Kathleen M.	2006	Conference Paper

## B. Formularios de extracción

Se procede a presentar todos los formularios de extracción de la información relevante de los estudios primarios seleccionados.

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	1	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	The agile practices impact model: Idea, concept, and application scenario	PB-1
Autores	Diebold, P.; Zehler, T.	PB-1
Publicación	International Conference on Software and System Process	PB-1
Año de publicación	2015	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Agile practices impact model (APIM)	PI-1
Objetivo del análisis	Build an overall model that includes the impact of at least the most commonly used agile practices	PI-2
Características de los modelos	APIM is a model for representing the influence (impact) of agile practices on different characteristics. It consists of different elements and necessary connections between these elements to present the influencing impact.	PI-2
Atributos analizados por los modelos	development time, development costs, productivity, quality (product and process), customer (involvement, satisfaction and communication, organization, infrastructure, risks	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	2	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Automatic impact analysis of software architecture migration on model driven software development	PB-1
Autores	Agirre, J.; Etxeberria, L.; Sagardui, G.	PB-1
Publicación	2nd Workshop on the Analysis of Model Transformations	PB-1
Año de publicación	2013	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Automatic impact analysis model for software architecture migration	PI-1
Objetivo del análisis	Perform automated analysis of the impact of software architecture changes due to evolution, concretely software architecture migrations, on model driven code generation systems	PI-2
Características de los modelos	The solution uses a differential model of the models representing the code to establish the adaptations that must be made in the transformation rules	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Traceability model, difference model, weaving model	PI-3
Dominio de aplicación	Model Transformation	-

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	3	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Change impact analysis of indirect goal relations: Comparison of NFR and TROPOS approaches based on industrial case study	PB-1
Autores	Teka, A.a; Condori-Fernández, N.a; Kurtev, I.a; Quartel, D.b; Engelsman, W.b	PB-1
Publicación	Model-Driven Requirements Engineering Workshop	PB-1
Año de publicación	2012	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	TROPOS, NFR	PI-1
Objetivo del análisis	To extend a metamodel of already existing requirements and goal modeling language	PI-2
Características de los modelos	Use a number of predefined satisfaction levels and contribution types for goals and relations	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Goal satisfaction, satisfaction level, contribution type	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	4	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	CIASYS - Change impact analysis at system level	PB-1
Autores	Tóth, G.a; Nagy, C.a; Jász, J.a; Beszédes, A.a; Fülöp, L.J.b	PB-1
Publicación	Proceedings of the European Conference on Software Maintenance and Reengineering	PB-1
Año de publicación	2011	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	CIASYS, Static analysis, Dynamic analysis	PI-1
Objetivo del análisis	NSI	PI-2



<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Características de los modelos	Set up an evaluation environment; implement static and dynamic techniques that will be combined in a hybrid analysis system which will be able to analyze the dependencies of large systems at system level.	PI-2
Atributos analizados por los modelos	code, code execution logs, relation between software components (modules, procedures, statements, variables, etc), relations between lower levels of a system (statements and data), relations between higher level dependencies	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	5	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Towards predictive models of technology impact on software design productivity	PB-1
Autores	Lowry, M.R.	PB-1
Publicación	Proceedings of the FSE/SDP workshop on Future of software engineering research	PB-1
Año de publicación	2010	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Software cost and defect model	PI-1
Objetivo del análisis	To investigate and argue that even predictive models based on rough empirical correlations can clarify research investment decisions	PI-2
Características de los modelos	NSI	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Cost, schedule, defects	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	6	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Assessing impact analysis practice to improve change management capability	PB-1
Autores	Kilpinen, M.a; Eckert, C.b; Clarkson, P.J.a	PB-1
Publicación	International Conference on Engineering design	PB-1
Año de publicación	2009	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Traceability, dependency and experimental IA	PI-1
Objetivo del análisis	Systematically elicit and assess IA practice in systems and software engineering to identify trends and gaps in change management	PI-2
Características de los modelos	The quality of IA results can vary directly, given that IA techniques range in rigor. IA results may only indicate fractions of the necessary changes stemming from an initiating modification.	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Design or Change Documentation, Requirement Traceability Relationships, Requirement or Software Design Models, Software Architecture or Code, Design or Change Review Meeting, Informal Team Discussions, Individual Engineering Judgment	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	7	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	On the relationship between process maturity and geographic distribution: An empirical analysis of their impact on software quality	PB-1
Autores	Cataldo, M.a; Nambiar, S.b	PB-1
Publicación	Proceedings of the 7th joint meeting of the European software engineering conference and the ACM SIGSOFT symposium on The foundations of software engineering	PB-1
Año de publicación	2009	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Analysis based on research questions	PI-1
Objetivo del análisis	To achieve a better understanding of the relationship between software process maturity and geographic distribution	PI-2
Características de los modelos	Statistical analysis based on formulas was applied to analyze the distribution of the variables declared	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Quality, process maturity, spatial distribution, temporal distribution, people dispersion, number of locations	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	8	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Impact of budget and schedule pressure on software development cycle time and effort	PB-1
Autores	Nan, N.a; Harter, D.E.b	PB-1

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Publicación	IEEE TRANSACTIONS ON SOFTWARE ENGINEERING	PB-1
Año de publicación	2009	PB-1
Tipo de publicación	Journal Article	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Analysis based on hypothesis formulation	PI-1
Objetivo del análisis	To understand how the pressure created by budget and schedule compression affects the actual cycle time and cost of software development	PI-2
Características de los modelos	Hypothesis were formulated in order to achieve some understanding on the effects caused by the declared variables	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Budget, schedule	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	9	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Structural analysis of the impact of knowledge creation and knowledge embedding on software process capability	PB-1
Autores	Ravichandran, T.a; Rai, A.b	PB-1
Publicación	IEEE Transactions on Engineering Management	PB-1
Año de publicación	2003	PB-1
Tipo de publicación	Journal Article	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Direct-impact model, Mediated-impact model	PI-1
Objetivo del análisis	Examine the antecedents of software process capability.	PI-2
Características de los modelos	Direct-impact model points that both knowledge creation and knowledge embedding have a direct and positive effect on software process capability. Mediated-impact model suggests that knowledge embedding completely mediates the relationship between knowledge creation and process capability.	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Knowledge creation and knowledge embedding.	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	10	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Supporting impact analysis and change propagation in software engineering environments	PB-1
Autores	Han, Jun	PB-1
Publicación	Software Technology and Engineering Practice	PB-1
Año de publicación	1997	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Change impact analysis	PI-1
Objetivo del análisis	Predict the system-wide impact of a change request before actually carrying out modifications to the system, so that appropriate decisions related to the change request can be made.	PI-2
Características de los modelos	Analysis starts with a set of initial modifications to some software artifacts and/or dependencies. Potential consequent modifications are identified. Whether a potential modification is required can be decided by the system or the user. The modification is regarded as a new initiating modification to identify further consequent modifications. The process continues until no further consequent modifications can be identified.	PI-2
Atributos analizados por los modelos	NSI	PI-3
Dominio de aplicación	Software Technology	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	11	General
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Agenda for research in the managerial evaluation of computer-aided software engineering (CASE) tool impacts	PB-1
Autores	Kemerer, Chris F.	PB-1
Publicación	Proceedings of the Twenty-Second Annual Hawaii International Conference on System Sciences	PB-1
Año de publicación	1989	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Formal experiments, Single site field studies, Multi site surveys	PI-1
Objetivo del análisis	To propose a series of research initiatives to address the shortfalls in the ability to evaluate CASE tools	PI-2
Características de los modelos	Data quality, data quantity, validity	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Productivity, quality, work force, tool measurement	PI-3
Dominio de aplicación	Computer Science	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	12	General
Fuente	SCIENCE DIRECT	PB-1
Título	Studying the impact of uncertainty in operational release planning – An integrated method and its initial evaluation	PB-1
Autores	Al-Emran, Ahmed; Kapur, Puneet; Pfahl, Dietmar; Ruhe, Guenther	PB-1
Publicación	Information and Software Technology	PB-1
Año de publicación	2010	PB-1
Tipo de publicación	Journal Article	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Risk analysis framework ProSim/ORP (Operational release planning)	PI-1
Objetivo del análisis	To investigate uncertainty factors impact in software engineering	PI-2
Características de los modelos	Five step procedure that applies modeling, baseline construction, simulation and analysis of ORP	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Effort, productivity, number of new features, developer availability	PI-3
Dominio de aplicación	Software Technology	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	13	General
Fuente	IEEE	PB-1
Título	Analyzing the impacts of data quality and availability on system stability analysis using single machine equivalents	PB-1
Autores	Saunders, C. S.; Taylor, G. A.; Liu, Y.; Liu, J.	PB-1
Publicación	Power Engineering Conference (UPEC), 2014 49th International Universities	PB-1
Año de publicación	2014	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Single Machine equivalent modeling (SIME)	PI-1
Objetivo del análisis	To analyze the effects which errant or missing data may have on the stability analysis of a system during transient events	PI-2
Características de los modelos	NSI	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Data quality, reliability	PI-3
Dominio de aplicación	Power Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	14	General
Fuente	IEEE	PB-1
Título	Autonomous impact damage detection and isolation prediction for aerospace structures	PB-1
Autores	Roemer, M. J.; Ge, Jianhua; Liberson, A.; Tandon, G. P.; Kim, R. Y.	PB-1
Publicación	IEEE Aerospace Conference	PB-1
Año de publicación	2005	PB-1
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Feature based and model based	PI-1
Objetivo del análisis	To present an impact damage identification and prognosis approach for aerospace structures	PI-2
Características de los modelos	Monitoring approach based on acceleration measurements analyzed using advanced signal processing	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Velocity, frequency	PI-3
Dominio de aplicación	Aerospace engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	15	General
Fuente	EBSCO	PB-1
Título	An empirical study of the effect of file editing patterns on software quality.	PB-1
Autores	Feng, Zhang; Foutse, Khomh; Ying, Zou; Hassan, Ahmed E.	PB-1
Publicación	Working Conference on Reverse Engineering	PB-1
Año de publicación	2015	PB-1
Tipo de publicación	Journal Article	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Analysis based on research questions	PI-1
Objetivo del análisis	To understand the impact of multiple file editing patterns on software quality	PI-2
Características de los modelos	NSI	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Concurrent, parallel, extended, interrupted	PI-3
Dominio de aplicación	Reverse Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	16	General
Fuente	EBSCO	PB-1

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Título	Virtual communities as a resource for the development of OSS projects: the case of Linux ports to embedded processors.	PB-1
Autores	Toral, S. L.; Martínez-Torres, M. R.; Barrero, F. J.	PB-1
Publicación	BEHAVIOUR & INFORMATION TECHNOLOGY	PB-1
Año de publicación	2009	PB-1
Tipo de publicación	Journal Article	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Analysis based on hypothesis formulation	PI-1
Objetivo del análisis	To analyze the activity of virtual communities	PI-2
Características de los modelos	NSI	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Communities of practice, community structure, active developer, betweenness	PI-3
Dominio de aplicación	Information Technology	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	17	General
Fuente	EBSCO	PB-1
Título	Who You Know vs. What You Know: The Impact of Social Position and Knowledge on Team Performance.	PB-1
Autores	Ashworth, Michael J.; Carey, Kathleen M.	PB-1
Publicación	Journal of Mathematical Sociology	PB-1
Año de publicación	2006	PB-1
Tipo de publicación	Journal Article	PB-2
Modelos de análisis de impacto	Analysis based on research questions	PI-1
Objetivo del análisis	To investigate the relative effect of social network theory and resource dependency theory as predictors of individuals' contributions to team performance	PI-2
Características de los modelos	Integration of theory has intuitive and empirical appeal	PI-2
Atributos analizados por los modelos	Reliability, acceptability, resource dependency, proximity	PI-3
Dominio de aplicación	Mathematics	-

