

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



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

**“Modelos para el análisis comparativo de herramientas 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**

**YANIRE ROMERO DE SOUZA FERREYRA**

**ASESOR**

**MG. ABRAHAM DÁVILA**

**LIMA – PERÚ**

# Modelos para el análisis comparativo de herramientas de software: Una revisión sistemática de la literatura

Yanire Romero  
Escuela de Graduados  
Pontificia Universidad Católica del Perú  
Lima, Perú  
yanire.romero@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 comparativo es el proceso mediante el cual se analiza el uso de determinadas herramientas de software bajo criterios de evaluación con la finalidad de determinar cuál es la más adecuada para el contexto seleccionado. Dicho análisis requiere modelos y sus elementos (procedimientos, prácticas, técnicas y herramientas, entre otros) bajo los cuales debe ser llevado a cabo para obtener los mejores resultados sobre el objeto de estudio. **(OBJETIVOS)** En este estudio se busca identificar modelos y sus elementos propuestos para la realización de análisis comparativo de herramientas para el desarrollo de software. **(MÉTODOS)** Para la identificación de los modelos y sus elementos se realizó una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos reconocidas. **(RESULTADOS)** De un total de 1226 artículos revisados, se identificaron 32 artículos que hacen referencia a 8 modelos y sus elementos para la realización de análisis comparativo. Además se puede señalar que los modelos de análisis comparativo en la industria de software son utilizados para la evaluación de herramientas y/o metodologías de desarrollo de software. **(CONCLUSIONES)** Se puede concluir que existen diversos modelos y sus elementos para la realización de análisis comparativo en el ámbito de desarrollo de software siendo el modelo de definición de criterios el más utilizado en los estudios primarios seleccionados para la evaluación de herramientas y/o metodologías en el ámbito de la ingeniería de software.

**Keywords—** Análisis comparativo, modelos de análisis comparativo, industria de software, desarrollo de software, herramientas de software, programas, aplicaciones.

## I. INTRODUCCIÓN

Conforme las diversas herramientas de software van ampliando su alcance en la industria del desarrollo de software, muchas de las empresas se han visto en la necesidad de analizar el impacto que el constante cambio y evolución de dichas tecnologías tiene sobre su organización [1]. Esto conlleva a la elección de métodos más complejos para facilitar el análisis y la elección de las herramientas que van a utilizar para brindar soporte a los procesos de negocio que desarrollan. Por este motivo, día a día se toman decisiones sobre dichas tecnologías basadas en los criterios de evaluación a los que son sometidas en dicho análisis [2].

La variedad de programas, aplicaciones y herramientas disponibles hacen necesario el uso de marcos de referencia que permitan a los desarrolladores tomar decisiones sobre cuáles emplear bajo un determinado contexto [3]. Para dicho propósito, existen diferentes enfoques bajo los cuales se puede realizar la comparación y evaluación de las herramientas que brindarían soporte al desarrollo de software, siendo uno de ellos el análisis comparativo [4].

El análisis comparativo es el proceso mediante el cual se puede analizar el uso de determinadas herramientas de software bajo criterios de evaluación para poder determinar cuál es la más adecuada para el contexto elegido [4]. Dicho análisis requiere modelos y sus elementos (procedimientos, prácticas, técnicas y herramientas, entre otros) bajo los cuales debe ser llevado a cabo para obtener los mejores resultados sobre el objeto de estudio [5].

A través de una revisión preliminar se pudo encontrar que no existen artículos que presenten un marco metodológico definido para la realización de este análisis sobre herramientas de software, los análisis previos se han ejecutado en base a evidencia empírica y no hay ninguna pauta como guía a seguir para la elaboración de dicho análisis.

El objetivo principal de esta revisión sistemática es encontrar los diversos modelos, técnicas, propuestas y proporcionar una lista de características con los que debe contar para la realización del análisis comparativo de herramientas de software.

Adicionalmente, a través de dicha revisión se pretende identificar los criterios de comparación bajo los cuales se debe evaluar las herramientas de software que serán sometidas al análisis comparativo.

Este artículo está distribuido de la siguiente manera: la sección II presenta el marco conceptual; la sección III describe la revisión sistemática de la literatura; la sección IV presenta los resultados de la revisión y finalmente la sección V describe 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

El desarrollo de software es el proceso mediante el cual se crea un producto, aplicación o programa en un entorno planificado y estructurado. Los programas desarrollados tienen la finalidad de ejecutar una serie de tareas de acuerdo a los requerimientos definidos durante el análisis del mismo [2]. La complejidad del desarrollo se ha incrementado a lo largo del tiempo debido a la creciente evolución de tecnologías y aplicaciones que pretenden brindar soporte a dicha actividad [4].

Complementando la definición anterior se puede añadir que para poder elaborar una aplicación o sistema adecuado y consistente, su desarrollo debe llevarse a cabo bajo una serie de pasos ordenados, los cuales deben ser conocidos por todos los integrantes del equipo de trabajo [6].

Dentro de las etapas que este proceso contempla se puede encontrar el Análisis, Diseño, Implementación, Pruebas y Despliegue [7] que pueden ser apreciados en la Fig. 1. Esta definición del proceso de desarrollo de software, aunque simple, se encuentra alineada con las metodologías existentes para el desarrollo y gestión de proyectos de software [8].

El centro de interés de la fase de Análisis reside principalmente en los requisitos de los usuarios; el principal medio para la obtención de dichos requisitos son las entrevistas con todos los involucrados [6]. A partir de los requisitos se debe identificar no solo la necesidad del programa a implementar, sino también el alcance al que se encuentra circunscrito [2]. Como resultado de la realización de esta fase se espera obtener los prototipos del diseño de la interfaz de usuario y los requisitos funcionales y no funcionales del sistema [6].

El principal objetivo de la siguiente fase, Diseño, es la de definir la serie de patrones sobre los cuales estará basada la arquitectura de la aplicación, tomando en cuenta los requisitos y el alcance definidos durante la fase de Análisis [8]. De acuerdo al patrón seleccionado, se procede con la elaboración del diseño de las clases y objetos que conformarán el sistema. Adicionalmente, se procede a refinar los prototipos para obtener la versión final de la interfaz de usuario [6]. Asimismo, durante esta fase se lleva a cabo la selección de los marcos y herramientas que brindarán soporte al desarrollo de la arquitectura, dicha selección debe estar basada en la comparación y evaluación previa de las mismas con el fin de garantizar que son las más adecuadas para el proyecto [9].

Durante la fase de Implementación se procede a plasmar todo lo que se estableció a un alto nivel en la etapa de diseño. De acuerdo al paradigma y lenguaje de programación seleccionados, se procede con el desarrollo de clases, funciones, relaciones, etc. [10]. De ser necesario, se deben incluir revisiones y mejoras continuas para asegurar la calidad del software de acuerdo a los estándares de los patrones elegidos [11].

Posteriormente a la fase de Implementación se lleva a cabo la fase de Pruebas, la cual consiste en la elaboración de un plan de pruebas que se debe ejecutar sobre la aplicación para validar y verificar, no solamente que funcione correctamente, sino que cumpla con los lineamientos especificados en los requisitos [12]. Dentro de dicho plan, se deben considerar diferentes tipos de pruebas tales como inspección, unitarias, integración y aceptación para poder determinar que la aplicación cumple con los estándares de calidad respectivos [6].

Finalmente se tiene la fase de Despliegue en la cual se procede con el lanzamiento de una unidad completa de software a los usuarios finales. Es en esta etapa en donde el usuario reporta incidentes y/o errores de la aplicación, así como también se realizan solicitudes de mejoras o de desarrollo de nuevas funcionalidades [6].



Fig. 1. Proceso de Desarrollo de Software. Elaboración propia basado en Fisher [6].

### B. Herramientas CASE

Las siglas CASE en inglés significan Computer Aided Software Engineering, cuya definición, hecha por Bauer, es: “El establecimiento y uso de principios de ingeniería (métodos) para obtener software económico que sea confiable y funcione en máquinas reales” [13].

Las herramientas CASE están diseñadas para proporcionar una serie de procedimientos automatizados con la finalidad de reducir los costos, mejorar la calidad y agilizar el proceso del desarrollo de software [14]. Indicadores como la productividad del desarrollador, la calidad del código fuente y la mantenibilidad del producto son los que impulsan el surgimiento de estas herramientas [15]. Adicionalmente, estas herramientas pueden fortalecer y propagar la adopción de procesos integrados, soporte para su ejecución y pueden servir de guía para los usuarios [16].

Estas herramientas están clasificadas, según la fase del ciclo de desarrollo al que soportan [15], en:

- Upper CASE: proporciona soporte a las etapas tempranas del desarrollo de software, tales como análisis de requisitos y diseño.
- Lower CASE: brindan soporte a las etapas de desarrollo de código fuente y pruebas.
- Integrated CASE: proveen soporte a todas las etapas del ciclo de vida del software.

En la Tabla I se pueden apreciar las ventajas y desventajas del uso de las herramientas CASE para brindar soporte al ciclo de vida del desarrollo de software [14]:

### C. Análisis Comparativo

El análisis comparativo es una técnica para comparar y analizar las características y/o comportamiento de los elementos que se requieren investigar bajo los criterios de

evaluación seleccionados [4]. En este estudio, los elementos a analizar son las distintas herramientas de software disponibles en el mercado.

TABLA I. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS HERRAMIENTAS CASE

Ventajas	Desventajas
Estandarización de notación y sintaxis	Flexibilidad limitada en lo que se refiere a documentación
Ventajas	Desventajas
Facilita la comunicación entre los equipos de trabajo	Puede implicar restricciones en la usabilidad de la herramienta
Garantiza la calidad del proceso y del producto	Auto corrector de sintaxis no implica cumplimiento de requerimientos
Reducción de tiempo y costos del proyecto	Costos relacionados al uso y entrenamiento de la herramienta CASE
Reusabilidad de los componentes desarrollados	Resistencia al cambio

#### D. Análisis Comparativo

El análisis comparativo es una técnica para comparar y analizar las características y/o comportamiento de los elementos que se requieren investigar bajo los criterios de evaluación seleccionados [4]. En este estudio, los elementos a analizar son las distintas herramientas de software disponibles en el mercado.

La finalidad de un análisis de este tipo es que permite resaltar, listar y evaluar las ventajas y desventajas que poseen las herramientas bajo cada criterio de evaluación [17]. Asimismo, los resultados del análisis proveen un mejor panorama sobre los elementos que se evalúan, lo que puede conllevar a un mejor diseño o a una mejor selección de herramientas con las cuales llevar a cabo un proyecto de desarrollo de software [5].

##### 1) Objeto del análisis

El objeto del análisis hace referencia a los elementos que son sometidos a comparación. Siendo objetivo de esta revisión los análisis comparativos sobre herramientas y/o metodologías de software, se consideran a los mismos como el objeto de análisis. Cada herramienta y/o metodología de software seleccionada será sometida a los criterios de comparación definidos para evaluar las ventajas y desventajas que cada una presenta en el contexto de desarrollo de software [5].

##### 2) Criterios de comparación

La evaluación de las herramientas de software puede ser realizada a través de casos de estudio, experimentos de campo, revisión de evidencia, cuestionarios, entre otros; lo que brinda la posibilidad de contrastar la información proveniente de las distintas fuentes. Es por este motivo que se definen los criterios de comparación ya que son aquellos a través de los cuales se evalúan dichas herramientas y permiten delimitar las características y atributos a analizar [5].

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

La metodología de investigación conocida como la Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), ha sido desarrollada para recolectar y analizar toda la información y evidencia disponible acerca del objeto de estudio. Dicha

metodología incluye una serie de procedimientos definidos en un protocolo de revisión que especifica los pasos a seguir [18].

En el ámbito de la ingeniería de software y los sistemas de información, la elección de las tecnologías a desarrollar o utilizar se realiza con información insuficiente sobre las características y los riesgos que cada una de ellas aporta, por lo que se ha incrementado el uso de las RSL, con la finalidad de proveer mecanismos para mejorar la toma de decisiones [19].

#### A. Identificar la necesidad de la realización

La revisión sistemática de la literatura que se presenta en este estudio surge a partir de la necesidad de querer identificar qué modelos o técnicas de análisis comparativo existen para realizar una comparación entre distintas herramientas utilizadas en los proyectos de desarrollo de software y qué ventajas ofrecen. Esta necesidad se fundamenta en la creciente complejidad, evolución y diversidad de las herramientas de soporte disponibles para el desarrollo de software, lo que supone un reto para los desarrolladores al momento de decidir cuáles utilizar en un determinado proyecto [3].

Asimismo, se requiere también identificar: (i) qué características son las más relevantes y determinantes al momento de decidir qué modelo de análisis comparativo es el más adecuado para las herramientas que se requiere analizar; y (ii) qué atributos formarían parte de los criterios bajo los cuales se evaluarían dichas herramientas.

De acuerdo a la plantilla Goal, Question, Metric (GQM por sus siglas en inglés) para establecer el objetivo de la investigación, se pueden observar los siguientes componentes en la Tabla II.

TABLA II. ELABORACIÓN DEL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Campo	Valor
Objeto de estudio	Análisis comparativo
Propósito	Identificar
Foco	Modelos, técnicas, prácticas
Involucrados	Industria de software, fabricantes de herramientas de software, modelos de análisis comparativo, técnicas de análisis comparativo, desarrollo de software
Factores de contexto	Ninguno para este caso

#### B. Formular las preguntas de investigación

Para la definición y estructuración de las preguntas de investigación se tomó como referencia la finalidad de la investigación expuesta en la sección anterior. En la Tabla III se muestran las preguntas propuestas y la motivación para cada una de ellas.

Adicionalmente en la Tabla IV se presentan las preguntas de bibliometría propuestas con la finalidad de obtener visibilidad sobre la evolución y tendencia de los estudios en el tiempo:

#### C. Definición del protocolo de investigación

Basado en la guía para la elaboración de la RSL de Kitchenham [18], el protocolo de la revisión consiste en la especificación formal de los pasos a seguir durante la realización de la revisión sistemática. A continuación se

presentan los criterios utilizados para la ejecución de la búsqueda de la literatura relevante para la investigación a desarrollar en este estudio.

TABLA III. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y MOTIVACIÓN

Id	Pregunta	Motivación
PI-1	¿Qué modelos existen para la realización del análisis comparativo de herramientas de software?	Identificar modelos de análisis comparativo para la evaluación de herramientas de software utilizadas durante la fase de desarrollo.
PI-2	¿Cuáles son las características de los modelos de análisis comparativo?	Identificar las características que presentan los modelos de análisis comparativo.
PI-3	¿Cuáles son los criterios utilizados para comparar las herramientas de software?	Determinar los criterios bajo los que cada herramienta es evaluada para poder realizar la comparación de las mismas.

TABLA IV. PREGUNTAS DE BIBLIOMETRÍA

Id	Pregunta	Motivación
PB-1	¿Cuál es la cantidad de publicaciones por tipo de artículo?	Determinar la cantidad de estudios publicados por tipo de artículo para identificar la concentración de los mismos.
PB-2	¿Cómo ha evolucionado en el tiempo la frecuencia de las publicaciones sobre este tema?	Identificar la frecuencia de las publicaciones para poder establecer la relevancia del tema en el tiempo.
PB-3	¿Cuáles son las publicaciones en las que se han encontrado estudios relacionados al tema?	Identificar en qué dominio de aplicación se concentra la mayor cantidad de publicaciones sobre este tema.

**Cadena de búsqueda.** La estrategia elegida para la elaboración de la cadena de búsqueda fue la estrategia PICO [20] a lo largo de un proceso iterativo en el cual se realizaron los ajustes convenientes para la selección de resultados.

*Población:*

Entidad: constructos para el análisis comparativo.

Término principal 1: modelos

Términos alternos: propuestas, estudios, procedimientos, técnicas

Justificante: se selecciona el término por ser el objeto de estudio de la revisión a ejecutar y se obtienen los términos alternos que representan las variantes o cercanos al término principal.

Término principal 2: análisis comparativo

Términos alternos: comparación, estudio comparativo

Justificante: se selecciona el término por ser el tipo de análisis a ejecutar y se obtienen dichos términos alternos por ser aquellos los diferentes tipos de comparaciones existentes.

*Intervención:*

Entidad: aplicado a herramientas de software.

Término principal 1: herramientas de software

Términos alternos: herramientas de soporte, programas de soporte, aplicaciones, herramientas de desarrollo de software

Justificante: se selecciona el término por ser el elemento sobre el cual se realizará el análisis comparativo y se obtienen dichos términos alternos por ser aquellos los tipos de objetos.

Comparación: no aplica ya que en la RSL no se hace contraste alguno con algún patrón de referencia.

*Resultado:*

Entidad: Propuestas y experiencias de comparación de herramientas de software

Término principal: experiencias

Términos alternos: propuestas, evaluación

Justificante: se seleccionan dichos términos puesto que es lo que se busca obtener como resultado de la investigación.

**Tipo de diseño.** Este elemento no ha sido considerado en la revisión puesto que se busca analizar las experiencias de usuario para poder determinar los criterios de comparación bajo los cuales serán evaluadas las herramientas de software y que ya se encuentra cubierto en las secciones previas.

**Idioma.** El idioma elegido para definir la cadena de búsqueda ha sido el inglés puesto que es el más utilizado para la elaboración de artículos en las bases de datos relevantes.

Siguiendo las recomendaciones de la estrategia PICO, se obtuvo como resultado la cadena de búsqueda a partir del uso de operadores booleanos entre los elementos definidos previamente: (Población) AND (Intervención) AND (Comparación) AND (Resultado) [20].

En la Tabla V se puede apreciar los elementos de la estrategia PICO a partir de los cuales se elabora la cadena de búsqueda.

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

Concepto	Términos en inglés
Población	(mode* or techni*) and (analys* or evalua* or rank* or assess*) and (compar* or contrast* or benchmar* or coverag*)
Intervención	("software engineering") and (tool* or applica* or program* or suite* or packa*)
Comparación	no aplica
Resultado	(propos* or experi*)
Contexto	no aplica

**Tipo de búsqueda.** Para la búsqueda se realizó una búsqueda semi-automática en las librerías digitales previamente seleccionadas de acuerdo a su relevancia en el ámbito científico y al contexto que se requiere evaluar.

**Criterios de inclusión y exclusión.** De acuerdo a los lineamientos elaborados por Kitchenham [18], luego de ejecutar la cadena de búsqueda en las diferentes librerías indexadas, los resultados deben ser sometidos a evaluación para poder determinar cuáles son los estudios primarios que responden directamente las preguntas de investigación

formuladas. En base a lo expuesto se tomó en consideración los siguientes criterios para la evaluación de los estudios:

#### *Criterios de Inclusión:*

CI.1. Se consideran todos aquellos artículos provenientes de librerías digitales indexadas.

CI.2. Los artículos deben provenir del área de Ingeniería de Software.

CI.3. Se aceptarán artículos que contengan estudios o análisis comparativos de herramientas o metodologías de software.

CI.4. Se considerarán todos los artículos que se encuentren dentro del rango de temporalidad definido.

CI.5. Se aceptarán artículos provenientes de revistas científicas y conferencias.

#### *Criterios de Exclusión:*

CE.1. Serán excluidos los artículos duplicados.

CE.2. Serán rechazados los artículos que no se encuentren en idioma inglés.

CE.3. Serán rechazados los artículos de contenido similar, quedándose solo los que tengan el contenido más completo.

CE.4. Serán excluidos los estudios secundarios, estudios terciarios y resúmenes.

CE.5. Serán excluidos los artículos cuyo título no tenga relación con el objeto de estudio.

**Temporalidad.** Se toman en consideración los estudios desarrollados en los últimos 15 años dado que se requiere analizar herramientas y/o metodologías de software que se mantengan vigentes. Asimismo, se toma en consideración que si bien el contexto sobre el cual se ejecuta la investigación es el de desarrollo de software y este es un entorno muy cambiante en cuanto a tecnologías; existen herramientas y metodologías que se mantienen vigentes a través de una serie de actualizaciones siendo cualquier análisis realizado durante ese trayecto relevante para esta investigación.

**Fuentes de datos.** Las librerías digitales indexadas consideradas por su relevancia científica para la selección de artículos fueron:

- 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.** Se considera el siguiente procedimiento para la selección de artículos en la RSL:

- Paso 1: se procedió a ejecutar la cadena de búsqueda PICO, en las bases de datos indexadas previamente seleccionadas, aplicando los criterios

de inclusión y exclusión de acuerdo a la Tabla VI. Las referencias de los artículos resultantes fueron guardadas para su posterior refinamiento.

- Paso 2: se revisaron los títulos de los artículos resultantes de la ejecución del Paso 1 excluyendo solamente los que fueran totalmente no relevantes con el objeto de estudio de la revisión.
- Paso 3: se revisaron los resúmenes de los artículos previamente seleccionados en el Paso 2 para proceder con la exclusión de todos los estudios según los criterios definidos en Tabla VI. Solamente se excluyeron los artículos que fueran totalmente no relevantes con el objeto de estudio.
- Paso 4: se procedió con la realización de una revisión preliminar del contenido de los artículos seleccionados luego del Paso 3, con especial atención a los bloques de introducción y conclusiones; para luego aplicar los criterios de selección según la Tabla VI.

TABLA VI. PROCEDIMIENTOS Y CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Procedimiento	Criterio de selección
Paso 1	CI.1, CI.2, CI.5, CE.1, CE.4
Paso 2	CE.2, CE.4, CE.5
Paso 3	CE.3, CE.4
Paso 4	CI.3, CI.4

#### **Esquema de evaluación de la calidad de estudios.**

Siguiendo con los lineamientos planteados en la guía de Kitchenham [18], se procedió con la definición del esquema de evaluación de calidad, con el cual se evaluó la calidad de los estudios seleccionados.

Dentro del esquema se definió una lista de criterios con la finalidad de comprobar el cumplimiento de cada artículo. Cada criterio está acompañado de un puntaje basado en la escala de Rouhani [21], el cual consiste en los siguientes puntajes: Sí cumple (S) = 1, Cumple parcialmente (P) = 0.5 y No cumple (N) = 0. Los resultados serán presentados según el esquema de la Tabla VII:

**Estrategia para la extracción de datos.** Con la finalidad de extraer toda la información relevante y necesaria para responder las preguntas de investigación planteadas, se elaboró la estrategia para la extracción de datos a través del diseño de un formulario, el cual se detalla en la Tabla VIII. Se tomaron en cuenta las pautas dadas por Kitchenham y Brereton [22] para la elaboración del mismo.

**Estrategia para la síntesis de datos.** El método de síntesis para los datos extraídos para esta RSL consiste en la realización de una síntesis narrativa basada en el marco propuesto por Popay [23], la cual seguirá los siguientes pasos:

TABLA VII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CALIDAD

Nro	Criterio de evaluación de calidad
1	¿El método seleccionado para llevar a cabo el estudio ha sido documentado apropiadamente? S: El método seleccionado ha sido documentado apropiadamente. P: El método seleccionado ha sido documentado parcialmente. N: No se ha documentado el método seleccionado.
2	¿El estudio aborda las amenazas a la validez? S: El estudio aborda las amenazas totalmente. P: El estudio aborda las amenazas parcialmente. N: No se detallan amenazas.
3	¿Se han documentado las limitaciones del estudio de manera clara? S: Las limitaciones se han documentado claramente. P: Las limitaciones se han documentado parcialmente. N: No se han documentado las limitaciones.
4	¿Los aportes del estudio para las comunidades científica, académica o para la industria han sido descritos? S: Los aportes del estudio han sido mencionados claramente. P: Los aportes del estudio han sido mencionados parcialmente. N: No se han mencionado aportes.
5	¿Los resultados han contribuido a responder las preguntas de investigación planteadas? S: Los resultados han contribuido a responder todas las preguntas de investigación. P: Los resultados han contribuido a responder algunas preguntas de investigación. N: Los resultados no han contribuido a responder las preguntas de investigación.

TABLA VIII. FORMULARIO PARA LA EXTRACCIÓN DE DATOS

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador		
Fuente		
Título		
Autores		
Publicación		
Año de publicación		
Tipo de publicación		
Tipo de análisis comparativo		
Objetivo del análisis		
Elementos comparados		
Criterios de comparación utilizados		
Dominio de aplicación		

- Se desarrollará una síntesis preliminar con la finalidad de obtener una descripción inicial de patrones a lo largo de todos los estudios seleccionados en base a lo descrito en la Tabla IX.
- Explorar las relaciones entre los resultados de los estudios y los aspectos más importantes de la población, intervención y contexto de los mismos.
- Explorar la robustez del estudio para brindar conclusiones acerca de los resultados y la generalidad de la síntesis.

TABLA IX. SÍNTESIS PRELIMINAR

	Beneficios	Limitaciones
Descripción textual		
Tabulación		
Agrupación		
Análisis temático		

**Validar el protocolo de investigación.** El protocolo utilizado para el desarrollo de la RSL fue revisado en primer lugar por la investigadora Karin Melendez Llave y en segundo lugar revisado por el investigador experimentado Abraham Dávila Ramón.

#### IV. RESULTADOS

De acuerdo a los lineamientos descritos en la guía de Kitchenham [18], dada la conformidad del protocolo de revisión se puede iniciar la realización del mismo. En esta sección se procede con la descripción a detalle de todos los pasos ejecutados.

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

De acuerdo a los pasos definidos en la sección III, el primer paso para la selección de estudios consiste en la ejecución de la cadena de búsqueda en las librerías digitales seleccionadas. En la Tabla X se muestran los resultados y las cadenas de búsquedas empleadas.

En la mayoría de casos fue necesario ajustar la cadena de búsqueda de acuerdo a la sintaxis de cada librería o a la cantidad de resultados obtenidos ya que en algunos casos era excesiva. Se realizaron los ajustes de acuerdo al siguiente detalle:

- La base de datos de IEEE Xplore tenía la restricción de procesar el máximo de cinco caracteres comodín en la cadena.
- La base de datos de SCOPUS arrojaba muchos resultados no relevantes por lo que se eliminó parte de los caracteres comodín de la cadena para afinar la búsqueda.

Con la finalidad de tener un mayor control sobre los términos que conformarían la cadena de búsqueda se seleccionó la opción de “Advanced Search” en todas las librerías. Una vez ejecutada la búsqueda se exportaron los resultados de la siguiente manera:

- SCOPUS: la librería cuenta con la opción de exportar la totalidad de resultados en formato BibTex (.bib).
- ScienceDirect: la librería cuenta con la opción de exportar la totalidad de resultados en formato BibTex (.bib).
- IEEE Xplore: la librería cuenta con la opción de exportar la totalidad de resultados por cada página, con un máximo de 100 resultados por página, en formato BibTex (.bib).
- EBSCOhost Web: la librería no contaba con la opción de seleccionar múltiples artículos por lo que se tuvo que seleccionar uno por uno manualmente para proceder con la exportación en formato BibTex (.bib).

- ProQuest: la librería cuenta con la opción de exportar la totalidad de resultados en formato XLS ya que BibTex no estaba disponible.

Las referencias fueron procesadas con la herramienta gratuita Zotero (<https://www.zotero.org>) y exportadas posteriormente en formato CSV por cada una de las librerías para su procesamiento en Excel según la serie de pasos previamente definida.

TABLA X. RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA

Base de Datos	Fecha	Total
<b>Cadena de Búsqueda</b>		
SCOPUS	Abril 2016	253
TITLE-ABS((model or study or techni*) and (analys* or evalua* or assess*) and (compar* or contrast* or benchmar*) and ("software engineering" and software) and (tool* or applica* or program*) and (propos* or experi*)) 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	219
TITLE-ABSTR-KEY((mode* or techni*) and (analys* or evalua* or rank* or assess*) and (compar* or contrast* or benchmar* or coverag*) and ("software engineering" and software) and (tool* or applica* or program* or suite* or packa* ) and (propos* or experi*))		
IEEE Xplore	Abril 2016	11
((model or study) and (analysis or evaluation or assessment) and (compar*) and ("software engineering" and software) and (tool or applica* or program*)) and refined by Content Type: Conference Publications, Journals & Magazines		
EBSCOhost Web	Abril 2016	707
(mode* or techni*) and (analys* or evalua* or rank* or assess*) and (compar* or contrast* or benchmar* or coverag*) and ("software engineering" and software) and (tool* or applica* or program* or suite* or packa* ) and (propos* or experi*)		
Tipos de fuentes: Publicaciones académicas, Publicaciones, Revistas, Publicaciones profesionales Idioma: english		
ProQuest	Abril 2016	36
ti((mode* or techni*) and (analys* or evalua* or rank* or assess*) and (compar* or contrast* or benchmar* or coverag*) and ("software engineering" and software) and (tool* or applica* or program* or suite* or packa* ) and (propos* or experi*)) OR ab((mode* or techni*) and (analys* or evalua* or rank* or assess*) and (compar* or contrast* or benchmar* or coverag*) and ("software engineering" and software) and (tool* or applica* or program* or suite* or packa* ) and (propos* or experi*))		
Tipos de fuente: Revistas científicas, Revistas profesionales Tipo de documento: Artículo, Artículo principal, Estudio de caso Idioma: english		

## B. Seleccionar los estudios primarios

Los artículos encontrados en todas las bases de datos fueron exportados en formato BibTex y consolidados en un archivo en formato .xlsx, el cual fue tomado como referencia para realizar la selección de estudios primarios siguiendo los lineamientos planteados en la sección IV. A continuación se presenta el detalle de la serie de pasos ejecutados para la selección de estudios:

**Paso 1:** La lista de artículos resultado de la ejecución de la cadena de búsqueda fue ordenada por Título con la finalidad de eliminar todos aquellos artículos duplicados. La librería indexada que produjo la mayor cantidad de resultados fue SCOPUS. Asimismo, sobre dicha lista fueron aplicados los criterios de inclusión y exclusión definidos para este paso según la Tabla VI.

**Paso 2:** Sobre la lista de resultados provenientes del Paso 1, se revisaron los títulos para proceder con la exclusión de los artículos no relevantes para el objeto de estudio de acuerdo a lo definido en los criterios descritos según la Tabla VI. Los títulos que quedaron en duda se dejaron en la lista con el color de la letra amarillo.

**Paso 3:** Los artículos provenientes del Paso 2, fueron revisados de acuerdo al campo Resumen y excluidos de acuerdo a lo definido en los criterios descritos según la Tabla VI. Los títulos que quedaron en duda se dejaron en la lista con el color de letra amarillo.

**Paso 4:** Para proceder con la revisión del contenido de los artículos restantes se procedió con la descarga de los artículos completos de las librerías indexadas de donde provenían. Posteriormente, se procedió con la revisión preliminar del contenido de los artículos descargados, tomando en principal consideración a la introducción y las conclusiones, y fueron excluidos los artículos que no tenían relevancia alguna de acuerdo a lo definido en los criterios descritos según la Tabla VI.

En la Tabla XI se muestran los resultados de la selección de estudios y en el Apéndice A se listan todos los artículos resultantes de dicha selección.

TABLA XI. RESULTADOS DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE ESTUDIOS

Base de datos	Artículos Descubiertos	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
SCOPUS	253	151	117	44	24
ScienceDirect	219	69	58	16	3
IEEE Xplore	11	10	10	7	3
EBSCOhost Web	707	110	6	3	0
ProQuest	36	31	19	7	2
<b>Total</b>	<b>1226</b>	<b>371</b>	<b>210</b>	<b>77</b>	<b>32</b>

### C. Evaluar la calidad de los estudios

Sobre el total de 32 artículos resultantes se aplicó la lista de criterios de comprobación definidos en la sección III. Los resultados de la evaluación se muestran en la Tabla XIII. A partir de la tabla se puede observar que solamente el 15% de los artículos obtuvieron una calificación menor al 50% del puntaje total, lo que se puede considerar como un buen indicador de la calidad de los estudios seleccionados para la RSL.

### D. Extraer los datos relevantes

De acuerdo con lo descrito en la guía de Kitchenham y Charters [18], los formularios para la extracción de datos deben ser diseñados con la finalidad de recolectar toda la información necesaria para resolver las preguntas de investigación del estudio.

Tomando esto en consideración se diseñó el formulario descrito en la sección III para la recopilación de la información relevante de cada artículo seleccionado que pueda contribuir a la resolución de las preguntas de investigación. Cada uno de los artículos seleccionados fue leído y paralelamente se procedió con el llenado de su formulario correspondiente, el cual se realizó en el mismo idioma del artículo. El detalle de los criterios para los cuales no se encontró información relevante fue llenado con las siglas NI (No se encontró información).

TABLA XII. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ESTUDIOS

ID	C1	C2	C3	C4	C5	Total
1	1	0	0	1	0.5	2.5
2	1	0	0.5	1	1	3.5
3	1	0	0	1	1	3
4	1	1	0	1	0.5	3.5
5	1	0.5	1	1	1	4.5
6	1	0.0	0	1	0.5	2.5
7	0.5	0	0	1	0.5	2
8	1	0	0	0.5	1	2.5
9	1	0	0.5	1	0.5	3
10	1	0	0	0.5	0.5	2
11	1	1	0.5	1	0.5	4
12	1	1	0.5	1	1	4.5
13	1	0.5	0.5	1	0.5	3.5
14	1	1	0	1	0.5	3.5
15	1	0.5	0.5	1	1	4
16	1	0	0	0.5	0	1.5
17	1	0	0.5	1	1	3.5
18	1	0	0	1	0.5	2.5
19	1	0	0.5	1	0.5	3
20	0.5	0	0.5	1	0.5	2.5
21	1	0	0.5	1	1	3.5

ID	C1	C2	C3	C4	C5	Total
22	1	1	0.5	1	1	4.5
23	0.5	0	0.5	1	1	3
24	1	1	1	1	0.5	4.5
25	1	0.5	1	1	1	4.5
26	1	0.5	0.5	1	0.5	3.5
27	0.5	0.5	1	1	0.5	3.5
28	1	0	0.5	1	0.5	3
29	1	0	0	0.5	0.5	2
30	1	0	1	0.5	0.5	3
31	1	0	0.5	0.5	0.5	2.5
32	1	0	0	0.5	0.5	2

En la Tabla XIII se observa un ejemplo de la información relevante extraída de uno de los artículos seleccionados. Los formularios de los artículos restantes se encuentran descritos en el Apéndice B.

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

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	1	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	A comparative study of a tool-based approach for teaching formal specifications	PB-1
Autores	Salamah, S.a; Ochoa, O.b; Gates, A.Q.c	PB-1
Publicación	IEEE Frontiers in Education Conference	PB-3
Año de publicación	2010	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on experiments results	PI-1
Objetivo del análisis	To analyze whether education for formal specifications can be improved by using a tool support	PI-2
Elementos comparados	Tool based and lesson based education for formal specifications	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Initial and Final exam results from the experiments	PI-3
Dominio de aplicación	Technology Education	-

### E. Análisis bibliométrico

En esta sección se procede a describir el análisis de la tendencia de los artículos seleccionados para esta RSL de acuerdo a factores como tiempo, tipo de artículo y tema tratado.

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

¿Cuál es la cantidad de publicaciones por tipo de artículo?

En la Fig. 2 se muestra la cantidad de publicaciones por tipo de artículo. Podemos observar que los artículos de conferencia (Conference Paper) representan el 50% del total de artículos

seleccionados para esta RSL; seguidamente tenemos a los artículos en revista (Journal Article) con un 43.75% y los artículos académicos (Scholarly Journals) con un 6.25%. De este análisis se puede concluir que las conferencias y las revistas científicas son la mayor fuente de los estudios sobre análisis comparativo.

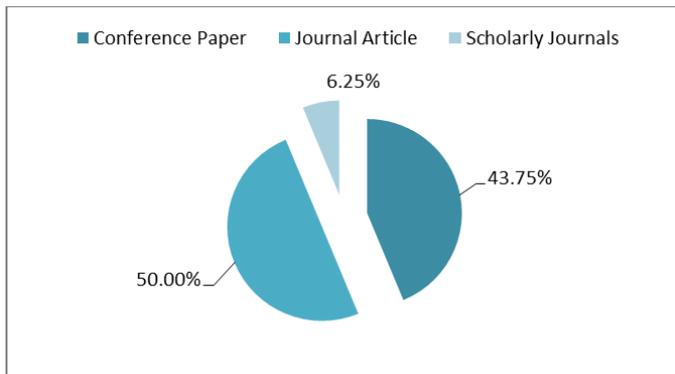


Fig. 2. Cantidad de publicaciones por tipo. Elaboración propia.

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

*¿Cómo ha evolucionado en el tiempo la frecuencia de las publicaciones sobre este tema?*

Al analizar los resultados obtenidos a partir de la ejecución de la cadena de búsqueda y la selección mostrados en la Tabla XII se puede observar en la Fig. 3 un incremento en el número de publicaciones que describen un análisis comparativo sobre algunos temas o herramientas relacionados a la ingeniería de software a partir del año 2008 y en adelante. De un total de 32 artículos, 25 (75%) han sido publicados a lo largo de los últimos 8 años y 7 (25%) han sido publicados entre 1993 y 2007.

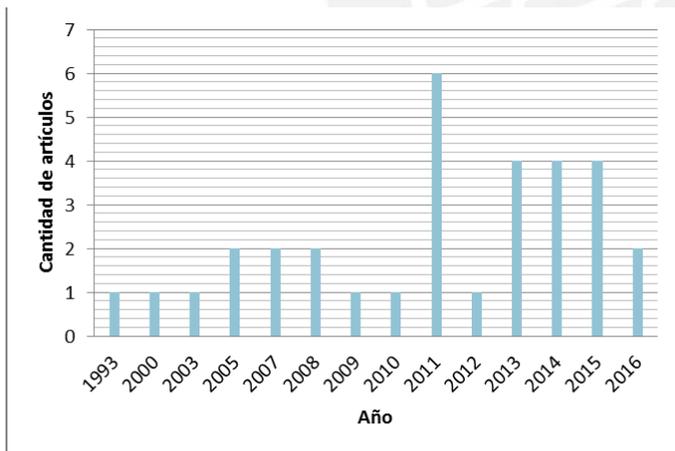


Fig. 3. Frecuencia de publicaciones. Elaboración propia.

### 3. Pregunta de bibliometría 3 (PB-3)

*¿Cuáles son las publicaciones en las que se han encontrado estudios relacionados al tema?*

En la Tabla XIV se presentan las publicaciones de donde se han extraído los artículos seleccionados. A partir de este análisis se puede observar que existe una recurrencia de

publicaciones del dominio de ciencias de la computación, ingeniería de software y sistemas de información; siendo estos dominios de aplicación los que concentran la mayoría de los artículos elegidos. Adicionalmente, también se puede observar la presencia de otros dominios tales como tecnologías de la información, educación, sistemas de computación, entre otros.

TABLA XIV. PUBLICACIONES CORRESPONDIENTES A LOS ARTÍCULOS SELECCIONADOS

Publicación	Cantidad
Information and Software Technology	5
Lecture Notes in Computer Science	4
International Journal of Software Engineering and Its Applications	2
Applied Mechanics and Materials	1
Communications in Computer and Information Science	1
IEEE Frontiers in Education Conference	1
IEEE Global Engineering Education Conference	1
IEEE International Conference on Cognitive Informatics	1
Intelligent Data Analysis	1
International Conference on Automated Software Engineering	1
International Conference on Computing, Communication and Automation	1
International Conference on Evaluation & Assessment in Software Engineering	1
International Conference on Reliability and Quality in Design	1
International Conference on System Engineering and Technology	1
International Journal of Web Information Systems	1
Journal of Computer Science	1
Journal of Visual Languages and Computing	1
Proceedings of the 22nd international conference on Software engineering	1
Proceedings of the 2nd International Workshop on Model Comparison in Practice	1
Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement	1
Proceedings of the International Conference on Software Engineering Research and Practice	1
The Journal of Systems and Software	1
Theory of Computing Systems	1
USC CSSE Technical Report	1

### F. Sintetizar los datos extraídos

Luego de la ejecución de la RSL según el procedimiento definido en la sección III del presente estudio, se seleccionaron un total de 32 artículos en los que se presentan una serie de análisis comparativo de diferentes metodologías o herramientas de software. La lista de tipos de análisis comparativos encontrados se encuentra descrita en la Tabla XV en la cual se indica el tipo de análisis comparativo, dominio de aplicación, fecha y autores.

TABLA XV. TIPOS DE ANÁLISIS COMPARATIVO IDENTIFICADOS EN LA REVISIÓN

ID	Dominio de Aplicación	Tipo de Análisis Comparativo	Fecha
1	Technology Education	Comparison based on experiments results	2010
2	Software Engineering	Feature based comparison	2011
3	Software Engineering	Feature based comparison	2003
4	Software Engineering	Feature based comparison	2011
5	Software Engineering	Feature based comparison	2011

ID	Dominio de Aplicación	Tipo de Análisis Comparativo	Fecha
6	Computer Science	Feature based comparison	2008
7	Computer Science	Comparison based on experiments results	2007
8	Computer Science	Comparison based on experiments results	2008
9	Artificial Intelligence	Feature based comparison	2013
10	System Engineering	Feature based comparison	2011
11	Computer Science	Comparison based on experiment results	2005
12	Computer Science	Comparison based on empirical evaluation (with hypothesis formulation)	2015
13	Computer Science	Statistical comparison based on hypothesis formulation	2015
14	Software Engineering	Statistical comparison based on hypothesis formulation	2014
15	Software Technology	Qualitative and quantitative comparison	2011
16	Cognitive Informatics	Feature based comparison	2007
17	Engineering Education	Feature based comparison	2015
18	Computer Science	Feature based comparison	2015
19	Software Technology	Feature based comparison	1993
20	Computer Engineering	Feature based comparison	2014
21	Computer Science	Comparison based on experiment results	2009
22	Computing Systems	Feature based comparison	2014
23	Software Reliability and Testing	Statistical comparison based on hypothesis formulation	2013
24	Software Engineering	Metric based comparison	2013
25	Software Engineering	Statistical comparison based on hypothesis formulation	2016
26	Software Technology	Comparison based on a systematic review	2016
27	Software Technology	Comparison based on empirical evaluation (with hypothesis formulation)	2005
28	Information Systems	Feature based comparison	2013
29	Computer Science	Comparison based on experiments results	2014
30	Software Engineering	Statistical comparison based on hypothesis formulation	2000
31	Software Technology	Feature based comparison	2011
32	Software Engineering	Comparison based on qualitative analysis	2012

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

¿Qué modelos existen para la realización del análisis comparativo de herramientas de software?

A través de la extracción de información de los artículos se pudo encontrar diferentes tipos de análisis comparativos aplicados a metodologías o herramientas de software. En la Fig. 4 podemos encontrar que en un 47% de los casos se observó que la comparación se basaba en criterios definidos para la casuística específica del objeto de análisis del artículo. Por otra parte, un 19% de los artículos presentó un análisis comparativo basado en experimentos y sus resultados y un 16% presentó un análisis comparativo estadístico basado en la formulación de hipótesis.

Dentro de los tipos de análisis comparativo encontrados los más relevantes son:

Featured based comparison: *Comparación basada en criterios*. Este tipo de análisis es el más utilizado dentro de los

artículos seleccionados para la revisión. Consiste en definir una serie de criterios de comparación de acuerdo a las características de los elementos comparados de manera teórica. Una vez seleccionados dichos criterios, se procede con la evaluación siendo la tabla comparativa la forma más común de presentar los resultados de la comparación.

Comparison based on experiment results: *Comparación basada en experimentos*. Este análisis se basa en la realización de un experimento mediante el cual se somete a un grupo de participantes a utilizar los elementos (en este caso herramientas y/o metodologías de software) que se requiere comparar. Los resultados del experimento son luego presentados resaltando los principales criterios evaluados durante el mismo.

Statistical comparison based on hypothesis formulation. *Comparación estadística basada en formulación de hipótesis*. Para este análisis se procede con la formulación de hipótesis y se seleccionan las variables que se van a evaluar de cada elemento sometido a comparación. Posteriormente, se procede con la ejecución de las fórmulas estadísticas elegidas sobre los resultados de estas variables. A partir de esta ejecución se presentan los resultados del análisis.

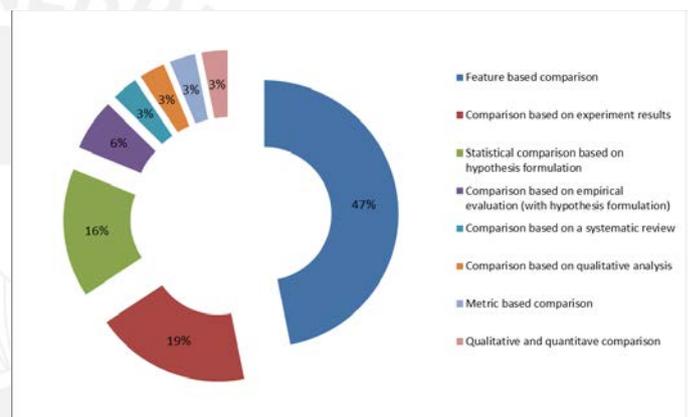


Fig. 4. Cantidad de publicaciones por tipo. Elaboración propia.

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

¿Cuáles son las características de los modelos de análisis comparativo?

Teniendo en consideración los elementos sometidos a comparación y el objetivo de los análisis comparativos estudiados en esta revisión se puede concluir que no existe una serie de pautas concretas para la ejecución de un análisis comparativo sobre metodologías o herramientas de software. Existen algunos componentes en común tales como la revisión previa del estado del arte y la definición de los criterios sobre los cuales se plantea realizar la comparación; pero no se ha definido hasta la fecha un marco metodológico apropiado para la realización de estudios comparativos en el contexto de la ingeniería de software.

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

¿Cuáles son los criterios utilizados para comparar las herramientas de software?

Al analizar los resultados obtenidos se puede observar que en la mayoría de los casos el rendimiento de una aplicación en

particular es uno de los criterios más utilizados para la evaluación y comparación de herramientas de software. Otras de las variables más usadas son el esfuerzo y la efectividad de los elementos comparados. Sin embargo, dada la falta de un marco metodológico definido para este análisis, la definición de los criterios de comparación en la mayoría de los casos es netamente empírica y apunta a evaluar aspectos específicos del objeto de estudio de los artículos seleccionados.

#### G. Amenazas de la validez

A continuación se procede con la discusión de las amenazas para la validez de la presente revisión.

Para la ejecución de la cadena de búsqueda, se consideraron 5 bases de datos digitales, sin embargo la cantidad de artículos que cumplían con todos los criterios de inclusión y exclusión fue pequeña.

La selección de los estudios primarios, a pesar de haber seguido criterios de inclusión y exclusión definidos claramente, puede haber sido afectada por la poca información presentada en los resúmenes de los artículos, ya que en algunos casos esta no era presentada de manera clara.

Se provee toda la información necesaria para poder realizar la réplica del presente estudio. Todas las librerías digitales y artículos utilizados se encuentran propiamente referenciados y disponibles en internet.

#### H. Lecciones aprendidas

Durante la elaboración de esta RSL se produjeron las siguientes lecciones aprendidas:

El tema de estudio de esta revisión no es abordado formalmente desde la perspectiva académica lo que hace difícil su inclusión en los estudios que se quieran realizar sobre él.

Dada la amplia gama de metodologías y herramientas de software que pueden ser sometidas a un análisis comparativo, la carencia de una definición concreta sobre las pautas que debe seguir dicho análisis no facilita la selección apropiada de artículos y no cubre las iniciativas previamente identificadas en esta revisión.

En casos como este, es conveniente recurrir a la literatura gris y delimitar la cadena de búsqueda para cubrir casos más genéricos de manera que se pueda cumplir de mejor manera con el objetivo del estudio.

Dada la falta de pautas para la ejecución del análisis comparativo, es importante tomar en consideración que durante la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión se debe tener mucho cuidado de no dejar artículos fuera basándose solamente en el análisis del título.

### V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este estudio se presentan los resultados de una revisión sistemática realizada a 32 artículos académicos encontrados en librerías digitales y bases de datos indexadas de gran relevancia en el ámbito científico y académico. Asimismo, se presenta dentro del análisis bibliométrico la clasificación de los estudios por año de publicación, donde se puede observar un incremento en el número de estudios relevantes publicados a partir del año 2008 en adelante lo que prueba que existe un interés continuo

en la realización de análisis comparativos a herramientas o marcos metodológicos en el contexto de la ingeniería de software.

Dentro de los dominios de aplicación que concentran la mayor cantidad de artículos seleccionados se encuentran ingeniería de software y ciencias de la computación; lo cual indica la creciente necesidad de un marco metodológico para la realización del análisis comparativo en estos dominios. Los estudios comparativos se realizan, en mayor parte, en base a la definición de criterios específicos para la casuística que se desea analizar. En múltiples escenarios la falta de un método formal para la aplicación de criterios de comparación adecuados ocasiona que el análisis comparativo realizado no brinde resultados precisos sobre los elementos que se someten a dicho análisis.

Los análisis comparativos basados en la realización de experimentos y en la formulación de hipótesis, definen sus criterios de comparación como variables dependientes e independientes dentro del análisis estadístico que realizan con los resultados del experimento. Esta definición de variables se ajusta a una característica medible de los mismos, lo cual restringe la gama de criterios cualitativos que pueden ser aplicados a las mismas casuísticas.

Este estudio busca resaltar la importancia de contar con un marco metodológico formal para la realización de análisis y/o estudios comparativos sobre herramientas de software, el cual facilite su ejecución, contribuya a la definición de los criterios de comparación adecuados y aplicables a los elementos a estudiar y ayude a mejorar la precisión de sus resultados.

Como trabajo futuro, se propone desarrollar un método formal para la realización de análisis comparativo sobre herramientas de software el cual contemple la generalización del mismo. Asimismo, dicho método debe permitir la definición de criterios de comparación adecuados para los elementos que se desean someter a comparación y la medición de los mismos para poder obtener resultados relevantes para la investigación que se realice.

#### 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, «Software Change Impact Analysis,» *IEEE*, 1996.
- [2] J. Herbsleb, I. L. Technol. y D. Moitra, «Global software development,» *IEEEExplore*, 2002.
- [3] W. Riddle y R. Fairley, *Software Development Tools*, New York, 2012.
- [4] S. Dimitrijevic, J. Jovanovic y V. Devedzic, «A comparative study of software tools for user story management,» 2014.
- [5] W. Scacchi, «Comparative Case Analysis for Understanding Software Processes,» *USC Atrium Laboratory*, 1998.
- [6] G. Fisher, *Software Engineering*, California, 2009.

- [7] D. Ince y D. Andrews, *The Software Life Cycle*, London, 2014.
- [8] R. Schmidt, «Architecture-Driven Software Development,» *Elsevier*, 2013.
- [9] H. Erdogmus, «Seven essentials of software process,» de *BiPi '08 Proceedings of the 1st international workshop on Business impact of process improvements*, 2008.
- [10] A. Fuggetta, «Software process: a roadmap,» de *ICSE '00 Proceedings of the Conference on The Future of Software*, 2000.
- [11] R. C. Martin, *Agile Software Development*, Prentice Hall, 2003.
- [12] A. Fuggetta y E. Di Nitto, «Software Process,» de *FOSE 2014 Proceedings of the on Future of Software Engineering*, 2014.
- [13] F. L. Bauer, «Software Engineering,» *Information Processing*, p. 530, 1972.
- [14] I. Aaen, «Next Generation CASE Tools,» *IOS Press*, 1992.
- [15] H. Elshazly y V. Grover., «A Study on the Evaluation of CASE Technology,» *Journal of Information Technology Management*, 1993.
- [16] P. Bourque y R. Fairley, *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, Version 3.0*, IEEE Computer Society, 2014.
- [17] Y. Baghdadi, «A comparison framework for service-oriented,» *International Journal of Web Information Systems*, pp. 279-316, 2013.
- [18] B. Kitchenham y S. Charters, «Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering,» *Elsevier*, 2007.
- [19] J. Biolchini, P. Gomes, A. Cruz y G. Horta, *Systematic Review in Software Engineering*, PESC, 2005.
- [20] C. Da Costa Santos, C. de Mattos Pimenta y M. Nobre, «A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências,» *Rev. Lat. Am. Enfermagem*, 2007.
- [21] B. D. Rouhani, M. N. Mahrin, F. Nikpay, R. B. Ahmad y P. Nikfard, «A systematic literature review on Enterprise Architecture Implementation Methodologies,» *Information and Software Technology*, pp. 1-20, 2015.
- [22] B. Kitchenham, P. Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey y S. Linkman, «Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review,» *Information and Software Technology*, pp. 7-15, 2009.
- [23] J. Popay, H. Roberts, A. Sowden, M. Petticrew, L. Arai, M. Rodgers, N. Britten, K. Roen y S. Duffy, «Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews,» *ESRC Methods Programme Version*, 2006.



A. Artículos seleccionados

ID	Biblioteca	Título	Autor	Año	Tipo de Documento
1	SCOPUS	A comparative study of a tool-based approach for teaching formal specifications	Salamah, S.a; Ochoa, O.b; Gates, A.Q.c	2010	Conference Paper
2	SCOPUS	A framework for visualizing model-driven software evolution - Its evaluation	Karanam, M.a; Akepogu, A.R.b	2011	Journal Article
3	SCOPUS	A Practical Approach to the Evaluation and Selection of CASE Tools	Pournaghshband, H.a; Sadigh, M.a; Movafaghi, S.b	2003	Conference Paper
4	SCOPUS	Assessing the quality of model-comparison tools: A method and a benchmark data set	Van Den Brand, M.a; Hofkamp, A.b; Verhoeff, T.a; Protić, Z.a	2011	Conference Paper
5	SCOPUS	Bug tracking and reliability assessment system (BTRAS)	Singh, V.B.a; Chaturvedi, K.K.b	2011	Journal Article
6	SCOPUS	CMMI and OPM3: Are they compatible?	Nazar, S.; Abbasi, E.	2008	Journal Article
7	SCOPUS	Comparative experiences with electronic process guide generator tools	Phongpaibul, M.; Koolmanojwong, S.; Lam, A.; Boehm, B.	2007	Journal Article
8	SCOPUS	Comparative experiences with software process modeling tools for the incremental commitment model	Koolmanojwong, S.a b; Laoteppitak, N.a; Boehm, B.a; Phongpaibul, M.b	2008	Conference Paper
9	SCOPUS	Comparison and evaluation of source code mining tools and techniques: A qualitative approach	Khatoon, S.; Li, G.; Mahmood, A.	2013	Journal Article
10	SCOPUS	Developing a customized software engineering testing for Shared Banking Services (SBS) System	Sulaiman, N.A.; Kassim, M.	2011	Conference Paper
11	SCOPUS	Empirical evaluation of model-based performance prediction Methods in software development	Koziolek, H.; Finis, V.	2005	Journal Article
12	SCOPUS	Empirical evaluation of uml modeling tools—a controlled experiment	Safdar, S.A.a; Iqbal, M.Z.a b; Khan, M.U.a	2015	Journal Article
13	SCOPUS	Empirical validation of an automatic usability evaluation method	Cassino, R.; Tucci, M.; Vitiello, G.; Francese, R.	2015	Journal Article
14	SCOPUS	Evaluating capture and replay and model-based performance testing tools: An empirical comparison	Rodrigues, E.M.a; Oliveira, F.M.a; Bernardino, M.a; Saad, R.S.b; Costa, L.T.a; Zorzo, A.F.a; Guarienti, P.a	2014	Conference Paper
15	SCOPUS	Evaluating software engineering techniques for developing complex systems with multiagent approaches	Garcia, E.; Giret, A.; Botti, V.	2011	Journal Article
16	SCOPUS	Formal linguistics and the deductive grammar	Wang, Y.	2007	Conference Paper
17	SCOPUS	Implementing gamification techniques into university study path - A case study	Laskowski, M.	2015	Conference Paper
18	SCOPUS	PICT: Penetration testing based Java code testing tool	Jain, S.a; Johari, R.b; Kaur, A.b	2015	Conference Paper
19	SCOPUS	Programming versus databases in the object-oriented paradigm	Demurjian, S.A.; Beshers, G.M.; Ting, T.C.	1993	Journal Article
20	SCOPUS	Research on application of software engineering theory in software development	Song, X.J.a; Zeng, Z.-L.b	2014	Journal Article
21	SCOPUS	Security analysis of a biometric authentication system using UMLsec and JML	Lloyd, J.a; Jürjens, J.b	2009	Journal Article
22	SCOPUS	Software Engineering with Transactional Memory Versus Locks in Practice	Pankratius, V.a; Adl-Tabatabai, A.-R.b	2014	Journal Article
23	SCOPUS	Software quality analysis with distribution bias in defect data	Seliya, N.a; Khoshgoftaar, T.M.b	2013	Conference Paper
24	SCOPUS	Towards precise metrics for predicting graph query performance	Izso, B.; Szatmari, Z.; Bergmann, G.; Horvath, A.; Rath, I.	2013	Conference Paper
25	Science Direct	Comparing reuse practices in two large software-producing companies	Bauer, Veronika; Vetrò, Antonio	2016	Journal Article
26	Science Direct	Agile, Web Engineering and Capability Maturity Model Integration: A systematic literature review	Torrecilla-Salinas, C. J.; Sedeño, J.; Escalona, M. J.; Mejías, M.	2016	Journal Article
27	Science Direct	Quality and comprehension of {UML} interaction diagrams-an experimental comparison	Glezer, Chanan; Last, Mark; Nachmany, Efrat; Shoval, Peretz	2005	Journal Article
28	ProQuest	A comparison framework for service-oriented software engineering approaches	Baghdadi, Youcef	2013	Scholarly Journals
29	ProQuest	Software process maturity and capability evaluation and its implementation in the areas of e-learning organizations	Senthilkumar Chennakrishnan and Midthe Vijayaraghavan Srinath	2014	Scholarly Journals
30	IEEE	A replicated assessment and comparison of common software cost modeling techniques	Briand, L. C.; Langley, T.; Wiczorek, I.	2000	Conference Paper
31	IEEE	Systematic analysis of the incremental process as a base for comparison with the Agile process	Yilmaz, S. G.; Tarhan, A.	2011	Conference Paper
32	IEEE	The influence of human aspects on software process improvement: Qualitative research findings and comparison to previous studies	Viana, D.; Conte, T.; Vilela, D.; Souza, C. R. B. de; Santos, G.; Prikladnicki, R.	2012	Conference Paper

## B. Formularios de extracción

A continuación se presenta la información extraída de todos los artículos seleccionados que contribuyeron a responder las preguntas de investigación.

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	1	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	A comparative study of a tool-based approach for teaching formal specifications	PB-1
Autores	Salamah, S.a; Ochoa, O.b; Gates, A.Q.c	PB-1
Publicación	IEEE Frontiers in Education Conference	PB-3
Año de publicación	2010	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on experiments results	PI-1
Objetivo del análisis	To analyze whether education for formal specifications can be improved by using a tool support	PI-2
Elementos comparados	Tool based and lesson based education for formal specifications	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Initial and Final exam results from the experiments	PI-3
Dominio de aplicación	Technology Education	-

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	2	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	A framework for visualizing model-driven software evolution - Its evaluation	PB-1
Autores	Karanam, M.a; Akepogu, A.R.b	PB-1
Publicación	International Journal of Software Engineering and Its Applications	PB-3
Año de publicación	2011	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	Elaborate a framework for comparison, discussion and formative evaluation of the tools	PI-2
Elementos comparados	Six CASE tools in the context of MoDSE (Model Driven Software Evolution)	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Context View, Inter-Model View, City View, Metric View, Transformation View, Evolution View and Evaluation view	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	3	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	A Practical Approach to the Evaluation and Selection of CASE Tools	PB-1
Autores	Pournaghshband, H.a; Sadigh, M.a; Movafaghi, S.b	PB-1
Publicación	Proceedings of the International Conference on Software Engineering Research and Practice	PB-3
Año de publicación	2003	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To propose a classification scheme for CASE technology, which will allow the assessment and comparison of diferente types of tools	PI-2
Elementos comparados	CASE tools	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Analysis, design, prototyping, component modeling, code generation, debugging, testing	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	4	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Assessing the quality of model-comparison tools: A method and a benchmark data set	PB-1
Autores	Van Den Brand, M.a; Hofkamp, A.b; Verhoeff, T.a; Protić, Z.a	PB-1
Publicación	Proceedings of the 2nd International Workshop on Model Comparison in Practice	PB-3
Año de publicación	2011	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To propose a systematic method for assessing the quality of model comparison tools	PI-2
Elementos comparados	Model comparison tools	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Model size, mutation size, precision, performance, recall	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	5	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Bug tracking and reliability assessment system (BTRAS)	PB-1
Autores	Singh, V.B.a; Chaturvedi, K.K.b	PB-1
Publicación	International Journal of Software Engineering and Its Applications	PB-3
Año de publicación	2011	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	Provide comprehensive classification criteria to review available tools for bug tracking and propose a new one based on the analysis	PI-2
Elementos comparados	Bug tracking tools	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Platform, system architecture, server operating system, web server, backend database, programming language, client (web browser)	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	6	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	CMMI and OPM3: Are they compatible?	PB-1
Autores	Nazar, S.; Abbasi, E.	PB-1
Publicación	Communications in Computer and Information Science	PB-3
Año de publicación	2008	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To analyze the compatibility of the two models (CMMI and OPM3) from both teoretical and practical perspectives in order to find out the strengths and weaknesses of each one.	PI-2
Elementos comparados	Maturity models	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Maturity levels, overlapping	PI-3
Dominio de aplicación	Computer Science	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	7	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Comparative experiences with electronic process guide generator tools	PB-1
Autores	Phongpaibul, M.; Koolmanojwong, S.; Lam, A.; Boehm, B.	PB-1
Publicación	Lecture Notes in Computer Science	PB-3
Año de publicación	2007	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on experiment results	PI-1
Objetivo del análisis	To compare earlier and current tools to generate the electronic process guidelines	PI-2
Elementos comparados	Electronic process guidelines	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Communicate process, process reuse, process evolution, process management	PI-3
Dominio de aplicación	Computer Science	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	8	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Comparative experiences with software process modeling tools for the incremental commitment model	PB-1
Autores	Koolmanojwong, S.a b; Laoteppitak, N.a; Boehm, B.a; Phongpaibul, M.b	PB-1
Publicación	USC CSSE Technical Report	PB-3
Año de publicación	2008	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on experiment results	PI-1
Objetivo del análisis	To compare an adaptability tolerance framework and precision oriented process definition in order to create the Incremental Commitment model (ICM) electronic guide	PI-2
Elementos comparados	ICM Electronic guide	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Effective communication process, facilitate process reuse, support process evolution, facilitate process management, usability	PI-3
Dominio de aplicación	Computer Science	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	9	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Comparison and evaluation of source code mining tools and techniques: A qualitative approach	PB-1
Autores	Khatoon, S.; Li, G.; Mahmood, A.	PB-1
Publicación	Intelligent Data Analysis	PB-3
Año de publicación	2013	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To provide comparison and evaluation of the current state-of-art souce code mining tools and techniques	PI-2
Elementos comparados	Data mining techniques	PI-2
Criterios de comparación utilizados	mining approach, input, results, task benefited, availability, external dependency, algorithm	PI-3
Dominio de aplicación	Artificial Intelligence	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	10	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Developing a customized software engineering testing for Shared Banking Services (SBS) System	PB-1
Autores	Sulaiman, N.A.; Kassim, M.	PB-1
Publicación	International Conference on System Engineering and Technology	PB-3
Año de publicación	2011	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To develop a customized software testing process for software engineering in Shared Banking Services (SBS)	PI-2
Elementos comparados	Testing methodologies	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Main activities, roles, responsibilities, artifacts, level of testing	PI-3
Dominio de aplicación	System Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	11	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Empirical evaluation of model-based performance prediction Methods in software development	PB-1
Autores	Koziolek, H.; Finis, V.	PB-1
Publicación	Lecture Notes in Computer Science	PB-3
Año de publicación	2005	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on experiment results	PI-1
Objetivo del análisis	Evaluate current approaches for prediction in early design stages	PI-2
Elementos comparados	Three approaches for early performance predictions	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Precision, decision makin support, room for improvement	PI-3
Dominio de aplicación	Computer Science	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	12	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Empirical evaluation of uml modeling tools—a controlled experiment	PB-1
Autores	Safdar, S.A.a; Iqbal, M.Z.a b; Khan, M.U.a	PB-1
Publicación	Lecture Notes in Computer Science	PB-3
Año de publicación	2015	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on empirical evaluation (with hypothesis formulation)	PI-1
Objetivo del análisis	To compare the productivity of the software engineers while modeling with the tools (IBM Rational, MagicDraw, Papyrus)	PI-2
Elementos comparados	Time required for modeling, completeness, number of clicks, learnability, memory load	PI-2
Criterios de comparación utilizados	UML modeling tools	PI-3
Dominio de aplicación	Computer Science	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	13	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Empirical validation of an automatic usability evaluation method	PB-1

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Autores	Cassino, R.; Tucci, M.; Vitiello, G.; Francese, R.	PB-1
Publicación	Journal of Visual Languages and Computing	PB-3
Año de publicación	2015	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Statistical comparison based on hypothesis formulation	PI-1
Objetivo del análisis	To empirically validate a usability evaluation method conceived to assess consistency aspects of a GUI with no need to analyze the back-end	PI-2
Elementos comparados	Tools for usability evaluation	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Effectiveness with the proper evaluation on usability guidelines	PI-3
Dominio de aplicación	Computer Science	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	14	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Evaluating capture and replay and model-based performance testing tools: An empirical comparison	PB-1
Autores	Rodrigues, E.M.a; Oliveira, F.M.a; Bernardino, M.a; Saad, R.S.b; Costa, L.T.a; Zorzo, A.F.a; Guarienti, P.a	PB-1
Publicación	Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement	PB-3
Año de publicación	2014	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Statistical comparison based on hypothesis formulation	PI-1
Objetivo del análisis	To compare performance testing tools	PI-2
Elementos comparados	Two performance testing tools	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Effort in usage with complexity increase, execution time	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	15	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Evaluating software engineering techniques for developing complex systems with multiagent approaches	PB-1
Autores	Garcia, E.; Giret, A.; Botti, V.	PB-1
Publicación	Information and Software Technology	PB-3
Año de publicación	2011	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Qualitative and quantitative comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To define an evaluation framework that will help in facilitating, standardizing and simplifying the evaluation, analysis, and comparison of multiagents systems (MAS) development environments	PI-2
Elementos comparados	MAS development environments and engineering techniques	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Methodology and modeling language, development tools	PI-3
Dominio de aplicación	Software Technology	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	16	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Formal linguistics and the deductive grammar	PB-1
Autores	Wang, Y.	PB-1
Publicación	IEEE International Conference on Cognitive Informatics	PB-3
Año de publicación	2007	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To compare fundamental theories of natural and artificial languages	PI-2
Elementos comparados	Formal syntaxes and semantics of natural and programming languages	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Morphology, syntax, semantic, grammar	PI-3
Dominio de aplicación	Cognitive Informatics	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	17	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Implementing gamification techniques into university study path - A case study	PB-1
Autores	Laskowski, M.	PB-1
Publicación	IEEE Global Engineering Education Conference	PB-3

Criterio	Detalle	Relevancia
Año de publicación	2015	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To check whether gamification is applicable to different courses in higher education	PI-2
Elementos comparados	Gamified and non-gamified learning groups	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Attendance level, number of completed work, final grade	PI-3
Dominio de aplicación	Engineering Education	-

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	18	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	PICT: Penetration testing based Java code testing tool	PB-1
Autores	Jain, S.a; Johari, R.b; Kaur, A.b	PB-1
Publicación	International Conference on Computing, Communication and Automation	PB-3
Año de publicación	2015	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To propose a penetration testing tool to check major security attribute of any given java code	PI-2
Elementos comparados	Penetration testing tools	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Security level, programming language, number of parameters, data types supported	PI-3
Dominio de aplicación	Computer Science	-

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	19	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Programming versus databases in the object-oriented paradigm	PB-1
Autores	Demurjian, S.A.; Beshers, G.M.; Ting, T.C.	PB-1
Publicación	Information and Software Technology	PB-3
Año de publicación	1993	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To examine C++ programming language versus the opal data language	PI-2
Elementos comparados	Object oriented and data programming languages	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Representation, encapsulation, inheritance, partition, security, mutability, reuse	PI-3
Dominio de aplicación	Software Technology	-

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	20	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Research on application of software engineering theory in software development	PB-1
Autores	Song, X.J.a; Zeng, Z.-L.b	PB-1
Publicación	Applied Mechanics and Materials	PB-3
Año de publicación	2014	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To point up the problems of software in software explore as part of the experience of software engineering implementation in project developing	PI-2
Elementos comparados	Soft engineer process models	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Usability, usage	PI-3
Dominio de aplicación	Computer Engineering	-

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	21	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Security analysis of a biometric authentication system using UMLsec and JML	PB-1
Autores	Lloyd, J.a; Jürjens, J.b	PB-1
Publicación	Lecture Notes in Computer Science	PB-3
Año de publicación	2009	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on experiment results	PI-1
Objetivo del análisis	To report on experiences from a practical application of security assurance approaches	PI-2
Elementos comparados	Security assurance approaches	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Requirements description, notation, complexity	PI-3
Dominio de aplicación	Computer Science	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	22	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Software Engineering with Transactional Memory Versus Locks in Practice	PB-1
Autores	Pankratius, V.a; Adl-Tabatabai, A.-R.b	PB-1
Publicación	Theory of Computing Systems	PB-3
Año de publicación	2014	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To analyze the aplicability and usage of transactional memory programming	PI-2
Elementos comparados	Programming methodoogies	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Development time, programming progress, code metrics, programming patterns, ease of code understanding	PI-3
Dominio de aplicación	Computing Systems	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	23	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Software quality analysis with distribution bias in defect data	PB-1
Autores	Seliya, N.a; Khoshgoftaar, T.M.b	PB-1
Publicación	International Conference on Reliability and Quality in Design	PB-3
Año de publicación	2013	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Statistical comparison based on hypothesis formulation	PI-1
Objetivo del análisis	To investigate the relative effectiveness of RUSBoost and RBBag for handling software defect data setswith class distribution bias	PI-2
Elementos comparados	Defect prediction models	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Performance, algorithm	PI-3
Dominio de aplicación	Software Reliability and Testing	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	24	-
Fuente	SCOPUS	PB-1
Título	Towards precise metrics for predicting graph query performance	PB-1
Autores	Izso, B.; Szatmari, Z.; Bergmann, G.; Horvath, A.; Rath, I.	PB-1
Publicación	International Conference on Automated Software Engineering	PB-3
Año de publicación	2013	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Metric based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To provide a benchmarking framework for the systematic investigation of query evaluation performance	PI-2
Elementos comparados	Model representation and graph query evaluation approaches	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Model size, number of references, number of assignments, number of variables, number of parameters	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	25	-
Fuente	Science Direct	PB-1
Título	Comparing reuse practices in two large software-producing companies	PB-1
Autores	Bauer, Veronika; Vetrò, Antonio	PB-1
Publicación	The Journal of Systems and Software	PB-3
Año de publicación	2016	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Statistical comparison based on hypothesis formulation	PI-1
Objetivo del análisis	To propose a preliminary answer to reuse adoption by integrating two in-depth empirical studies on software reuse	PI-2
Elementos comparados	Reuse processes	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Reuse practices, effects, context, reused artefacts, technical realization of reuse	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	26	-
Fuente	Science Direct	PB-1
Título	Agile, Web Engineering and Capability Maturity Model Integration: A systematic literature review	PB-1

criterio	Detalle	Relevancia
Autores	Torrecilla-Salinas, C. J.; Sedeño, J.; Escalona, M. J.; Mejías, M.	PB-1
Publicación	Information and Software Technology	PB-3
Año de publicación	2016	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on a systematic review	PI-1
Objetivo del análisis	To answer whether it's feasible or not to achieve a certain maturity level of the CMMI-DEV model using agile methods, for an organization developing web systems	PI-2
Elementos comparados	Agile practices	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Compatibility, compliance, experience, maturity, web	PI-3
Dominio de aplicación	Software Technology	-

criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	27	-
Fuente	Science Direct	PB-1
Título	Quality and comprehension of {UML} interaction diagrams-an experimental comparison	PB-1
Autores	Glezer, Chanan; Last, Mark; Nachmany, Efrat; Shoval, Peretz	PB-1
Publicación	Information and Software Technology	PB-3
Año de publicación	2005	PB-2
Tipo de publicación	Journal Article	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on empirical evaluation (with hypothesis formulation)	PI-1
Objetivo del análisis	To evaluate UML diagrams for modelling OO artifacts	PI-2
Elementos comparados	Diagram types	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Quality, comprehensibility, ease of construction	PI-3
Dominio de aplicación	Software Technology	-

criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	28	-
Fuente	ProQuest	PB-1
Título	A comparison framework for service-oriented software engineering approaches	PB-1
Autores	Baghdadi, Youcef	PB-1
Publicación	International Journal of Web Information Systems	PB-3
Año de publicación	2013	PB-2
Tipo de publicación	Scholarly Journals	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To compare current approaches for SOSE and to propose a business oriented approach	PI-2
Elementos comparados	Approaches for SOSE	PI-2
Criterios de comparación utilizados	SOA architectural style Styled, SOA principles, SOA drivers, SOA maturity considered, SO design principles, Process defined, Views of solutions at different phases of the process, Documented solutions, Services and compositions are modelled, Use of tools, Quality attributes defined, Solutions are inspected, Requirements specification, Business building block, Technology building block, Meta-model based, Transformation/mapping rules	PI-3
Dominio de aplicación	Information Systems	-

criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	29	-
Fuente	ProQuest	PB-1
Título	Software process maturity and capability evaluation and its implementation in the areas of e-learning organizations	PB-1
Autores	Senthilkumar Chennakrishnan and Midthe Vijayaraghavan Srinath	PB-1
Publicación	Journal of Computer Science	PB-3
Año de publicación	2014	PB-2
Tipo de publicación	Scholarly Journals	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on experiments results	PI-1
Objetivo del análisis	To review the extent to which software organizations make use of software process capability models, to develop an organized software process modeling, to evaluate its performance through a case study	PI-2
Elementos comparados	Existing methods and tools with international models	PI-2
Criterios de comparación utilizados	NI	PI-3
Dominio de aplicación	Computer Science	-

criterio	Detalle	Relevancia
Identificador	30	-
Fuente	IEEE	PB-1
Título	A replicated assessment and comparison of common software cost modeling techniques	PB-1
Autores	Briand, L. C.; Langley, T.; Wiecek, I.	PB-1

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Publicación	Proceedings of the 22nd international conference on Software engineering	PB-3
Año de publicación	2000	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Statistical comparison based on hypothesis formulation	PI-1
Objetivo del análisis	To assess the feasibility of using multi organization to build cost models	PI-2
Elementos comparados	Cost modeling techniques	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Perfomance, relative merits, system size, project effort	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	31	-
Fuente	IEEE	PB-1
Título	Systematic analysis of the incremental process as a base for comparison with the Agile process	PB-1
Autores	Yilmaz, S. G.; Tarhan, A.	PB-1
Publicación	Information and Software Technology	PB-3
Año de publicación	2011	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Feature based comparison	PI-1
Objetivo del análisis	To explain the analysis of a plan driven incremental process carried out to understand its performance	PI-2
Elementos comparados	Software development process phases	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Product quality, test performance, development performance, number of defects, effort, lines of code	PI-3
Dominio de aplicación	Software Technology	-

<b>Criterio</b>	<b>Detalle</b>	<b>Relevancia</b>
Identificador	32	-
Fuente	IEEE	PB-1
Título	The influence of human aspects on software process improvement: Qualitative research findings and comparison to previous studies	PB-1
Autores	Viana, D.; Conte, T.; Vilela, D.; Souza, C. R. B. de; Santos, G.; Prikladnicki, R.	PB-1
Publicación	International Conference on Evaluation & Assessment in Software Engineering	PB-3
Año de publicación	2012	PB-2
Tipo de publicación	Conference Paper	PB-1
Tipo de análisis comparativo	Comparison based on qualitative analysis	PI-1
Objetivo del análisis	To improve current understanding on how humas aspects can influence software process improvement	PI-2
Elementos comparados	Human aspects	PI-2
Criterios de comparación utilizados	Motivation, learning, decision making	PI-3
Dominio de aplicación	Software Engineering	-