

Métricas para la evaluación de factores de productividad de equipo en desarrollo ágil de software: un mapeo sistemático de literatura

Metrics for the Evaluation of Team Productivity Factors in Agile Software Development: A Systematic Literature Mapping

Marcela Guerrero-Calvache

Institución Universitaria Pascual Bravo, Colombia

sandra.guerrero@pascualbravo.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0003-0543-285X>

Giovanni Hernández

Universidad Mariana, Colombia

gihernandez@umariana.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0001-7903-6513>

Recepción: 12 Noviembre 2023

Aprobación: 19 Abril 2024

Publicación: 06 Mayo 2024



Acceso abierto diamante

Resumen

La productividad de los equipos ágiles representa un aspecto crucial para las empresas de desarrollo de software, ya que influye directamente en su desempeño y eficiencia, aspectos fundamentales para la búsqueda constante de mejoras. Diferentes estudios demuestran que la productividad de equipo en el desarrollo ágil de software (ASD por sus siglas en inglés) es un concepto abstracto, su significado aún sigue siendo objeto de estudio y se encuentra en construcción. Por otra parte, su medición se orienta hacia el establecimiento de diferentes factores de diversos tipos que generan una incidencia dentro del equipo, la organización e inclusive el mercado. El objetivo de este estudio consistió en identificar las métricas utilizadas para evaluar once factores clasificados en las categorías de significado, impacto y flexibilidad vinculados a la productividad de equipos en el ámbito del ASD. Este análisis se realizó mediante un mapeo sistemático de la literatura (MSL) dirigido según el protocolo de Petersen. Como resultado, se identificaron 37 investigaciones primarias en las bases de datos bibliográficas de IEEE Xplore DL y Scopus. Entre los hallazgos de esta investigación se incluye la definición de los factores elegidos, la determinación de métricas de productividad para cada uno de ellos y un intento de formalización matemática para algunas de estas métricas. Además, se notó que el 91.8 % de los estudios hacen referencia a factores de productividad asociados a la categoría de significado e impacto, mientras que son escasos los estudios que detallan factores vinculados a la categoría de flexibilidad.

Palabras clave: Desarrollo ágil de software, medición de productividad, métricas de desempeño, productividad de equipo, trabajo en equipo.

Abstract

The productivity of agile teams represents a crucial aspect for software development companies, since it directly influences their performance and efficiency, fundamental aspects for the constant search for improvements. Different studies show that team productivity in agile software development (ASD) is an abstract concept, its meaning is still being studied, and is under construction.

Notas de autor

sandra.guerrero@pascualbravo.edu.co

On the other hand, its measurement is oriented towards establishing different factors of various types that generate an impact within the team, the organization, and even the market. The objective of this study was to identify the metrics used to evaluate eleven factors classified in the categories of meaning, impact, and flexibility related to team productivity in the field of ASD. This analysis was performed using systematic literature mapping (SLM) directed according to Petersen's protocol. As a result, 37 primary investigations were identified in the IEEE Xplore DL and Scopus bibliographic databases. The findings of this research include the definition of the chosen factors, the determination of productivity metrics for each of them, and an attempt at mathematical formalization for some of these metrics. Furthermore, it was noted that 91.8 % of the studies refer to productivity factors associated with the category of meaning and impact, while there are few studies that detail factors related to the category of flexibility.

Keywords: Agile software development, productivity measurement, performance metrics, team productivity, teamwork.

Highlights - español

Aporte a la definición de factores asociados a la medición de productividad de equipos en ASD.
Identificación de métricas para factores clasificados como: significado, impacto y flexibilidad.
El 91.8% de los estudios identificados están relacionados con las categorías: significado e impacto.
Escasos estudios detallan factores vinculados a la categoría de flexibilidad.

Highlights - inglés

Brings to the definition of factors associated with the medicine of productivity of teams in ASD.
Identification of metrics for factors classified as: significance, impact, and flexibility.
91.8% of the identified studies are related to the categories: meaning and impact.
A few studies detailed factors related to the category of flexibility.

1. INTRODUCCIÓN

La era de la transformación digital ha impulsado un cambio de mentalidad en las empresas, que las ha llevado a reconocer la importancia de comprender las necesidades de sus usuarios. En este contexto, la agilidad ha adquirido una relevancia destacada en este proceso de renovación, fomentando que las organizaciones aprendan y se adapten con mayor flexibilidad [1], lo que a su vez conduce a la generación de productos de trabajo de alta calidad [2].

El proceso de desarrollo de software se enfoca profundamente en el conocimiento, destacando la importancia de intercambiar experiencias entre el cliente, el usuario final y el equipo de desarrollo, lo cual resulta esencial para garantizar su eficacia y lograr los objetivos establecidos [3].

Con frecuencia, las empresas han adoptado metodologías ágiles en el desarrollo de software para satisfacer tanto las necesidades de los clientes como las internas de la organización [4]. Uno de los beneficios clave de esto es el aumento de la productividad en los equipos [5]. Además, en este tipo de métodos se pone énfasis en las interacciones entre los miembros del equipo de desarrollo de software y en su bienestar [6].

La productividad juega un papel crucial en las organizaciones de software al influir en el comportamiento, la eficiencia y el rendimiento de sus equipos [7], [8]. El término de productividad en Ingeniería de Software tiene sus raíces a finales de la década de los 70 [9], inicialmente asociado a una perspectiva a nivel de proyecto en lugar de centrarse en el rol que los individuos pueden desempeñar dentro de los equipos [9].

No obstante, la percepción de la productividad en Ingeniería de Software ha sido redefinida en los últimos años con la llegada de enfoques ágiles [10] y a que facilitan una estimación más precisa de los plazos y costos en el proceso de desarrollo de software [11]. Este cambio ha sido impulsado en gran medida por la creciente competencia entre las empresas de software [10].

Por lo tanto, se presume que los enfoques ágiles generan una productividad superior en comparación con los métodos tradicionales [7], al mismo tiempo que aseguran la entrega de software de alta calidad [12]. En el panorama actual, varios factores han surgido y están afectando la forma de trabajar y la eficacia de los equipos de desarrollo, independientemente de la técnica de desarrollo empleada [13]. Esta combinación de factores ha captado la atención de las empresas, que ahora demandan una mayor agilidad en el desarrollo de sus productos [12].

Sin embargo, la evaluación de la productividad difiere considerablemente en el contexto del desarrollo ágil de software (ASD) [14]. Por ejemplo, los valores y principios establecidos en el manifiesto ágil respecto a las mediciones de productividad son abstractos [15]. Además, las métricas diseñadas para medir este indicador están fundamentadas en el enfoque tradicional de desarrollo de software [15], a pesar de que, para la

metodología ágil, la entrega de valor y la satisfacción del cliente son aspectos fundamentales [5]. Esta situación ha provocado una falta de comprensión del concepto de productividad en los equipos ASD, lo que resulta en la ausencia de directrices y métodos para su medición.

Para esta investigación la productividad de equipo en el desarrollo ágil de software (por sus siglas en inglés ASD) se la reconoce como un concepto abstracto, que actúa como un indicador de mejora [14]. La productividad puede determinarse mediante el uso y medición de ese conjunto de factores [4], [13], [14], [16] que tienen un impacto significativo y que contribuyen al logro de los objetivos relacionados con las expectativas del cliente [14].

Por lo anterior, el propósito de este estudio fue identificar, mediante un mapeo sistemático de la literatura (MSL), métricas que contribuyan a la evaluación de factores de productividad del equipo en ASD. Los factores seleccionados para esta investigación fueron extraídos de los estudios [14] y [15], los cuales se describen en la sección de trabajos relacionados. Los resultados obtenidos en esta investigación tienen como propósito contribuir al establecimiento de un proceso de medición de la productividad en equipos de ASD, facilitando así la evaluación de su desempeño.

El artículo está organizado de la siguiente manera. En la Sección 2 se describe los trabajos relacionados, la Sección 3 el proceso metodológico utilizado, la Sección 4 presenta los resultados obtenidos, la Sección 5 la discusión, y en la Sección 6 se detallan las conclusiones.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

En un estudio [17] exploran los factores que influyen en la productividad del trabajo en un equipo de desarrollo ágil de software y sus interrelaciones. Este involucró a 60 individuos de 18 compañías de software en Bangladesh. El proceso metodológico constó de dos fases: una revisión de literatura seguida de entrevistas y encuestas a miembros de equipos ágiles para identificar los factores de productividad. Luego, se procedió a construir un modelo cualitativo de dinámica de sistemas mediante diagramas de bucle causal basado en los hallazgos de la primera etapa. Los resultados revelaron que factores como la motivación, la eficacia y la gestión de equipos influyen significativamente en su comportamiento.

En un trabajo [18] se indaga por los factores que influyen en proyectos de desarrollo de software de código abierto. Los autores estructuran su investigación mediante revisión sistemática de literatura y una encuesta dirigida a expertos de la industria, enfocada en su percepción de la eficiencia del equipo. Los hallazgos señalan la presencia de factores que pueden afectar la productividad, mientras que otros pueden fomentar la autonomía y responsabilidad del equipo, y algunos parecen promover una distribución más equitativa de las tareas.

El estudio [13] realiza un análisis del estado actual de los factores que influyen en los equipos, examinando su efecto en la productividad. Se concluye que los aspectos más influyentes en la productividad de los equipos son aquellos asociados con la interacción entre los miembros, especialmente la comunicación y la proximidad física, así como la estructura organizativa. Además, se destaca que las habilidades interpersonales y las características individuales también tienen un impacto significativo en su desempeño.

En una revisión sistemática de la literatura [19], se identifican 77 factores influyentes que afectan la productividad del trabajo en equipo en el desarrollo ágil de software clasificados en factores técnicos, no técnicos, organizacionales, ambientales, de gestión de proyectos y de requisitos del usuario.

La investigación realizada por las autoras Machuca y Gasca se centra en el concepto de Factores Socio Humanos [20] para la medición de productividad. Estos factores se identifican como elementos fundamentales en el contexto de las organizaciones de software, además de que ofrecen ventajas significativas, tales como la mejora en la eficacia de la gestión de proyectos, la optimización de la utilización de recursos, incluidos el tiempo y los costos, y la generación de un impacto positivo en la productividad de los equipos [21], [22].

Un estudio [14] permitió identificar factores que determinan, influyen e impactan la medición de productividad de equipo en ASD. El trabajo presenta 63 factores de productividad de equipo en ASD organizados en cuatro categorías *significado*, *flexibilidad*, *impacto* y *alto desempeño* [14].

La investigación [15] da continuidad al proceso llevado a cabo en el estudio [14] aplicando un instrumento de recolección de información a 82 profesionales de la industria del software [15] el cual permitió evaluar el nivel de relevancia de los 63 factores de productividad utilizando una escala Likert que abarcaba desde *muy alto* hasta *muy bajo*. Los factores que recibieron calificaciones superiores al 80 % en las categorías de *muy alto* y *alto* fueron considerados importantes [15]. Como consecuencia, se identificaron únicamente 23 factores destacados de los 63 originales [15]. (ver Tabla 1).

Tabla 1
Factores seleccionados por profesionales de la industria de software

Categoría por MSL	Factores
Significado (6)	Satisfacción del equipo, Comprensión de los roles de trabajo, Satisfacción del cliente, Capacidad de trabajo, Velocidad, Capacidad del equipo.
Impacto (6)	Poder de decisión, Establecimiento de metas, Manejo de los requisitos, Atmósfera, Calidad, Comunicación.
Flexibilidad (4)	Mejorando el proceso, Aprendizaje organizacional, Aprendiendo de los fracasos, Obtener aceptación.
Alto Desempeño (7)	Habilidades sociales, Motivación intrínseca, Sentimiento de Orgullo, Configuración del equipo, Confianza, Liderazgo del equipo, Compromiso.

Fuente: [15].

Posteriormente, el trabajo [15] considera los aportes generados por las autoras Machuca y Gasca [20] para establecer que el 52.17 % de los 23 factores están relacionados con aspectos socio-humanos. Lo anterior generó una reorganización de los mismos, la fusión de dos factores, además de renombrar la categoría '*alto desempeño*' por '*socio-humano*', considerando que esta incluiría factores relacionados con cualidades humanas [15]. Finalmente, los autores concluyen que solo 22 factores son fundamentales en la medición de productividad [15]. La Tabla 2 sintetiza una descripción de cada una de las categorías con sus respectivos factores.

Tabla 2
Factores de productividad

No.	Categoría	Definición	Factores
1	Significado (5)	Asocia factores que se relacionan con la percepción que tienen los integrantes del equipo de desarrollo sobre productividad vista desde una perspectiva particular o general [23].	Comprensión de los roles de trabajo, Satisfacción del cliente, Capacidad de trabajo, Velocidad, Capacidad del equipo.
2	Flexibilidad (3)	Relaciona factores que afectan el desempeño de un equipo cuando se somete a condiciones que implican cambios [23].	Mejorando el proceso, Aprendizaje organizacional, Aprendiendo de los fracasos
3	Impacto (3)	Involucra factores que inciden dentro del equipo y que generan una influencia negativa, positiva o inclusive neutral en su comportamiento [23].	Establecimiento de metas, Manejo de los requisitos, Calidad.
4	Socio-Humano - FSH (11)	Relaciona factores asociados a cualidades humanas que juegan un papel esencial para lograr altos niveles de desempeño en un equipo y que el proceso de software que se está desarrollando sea exitoso [20], [22].	Satisfacción del equipo, Atmósfera, Poder de decisión, Comunicación, Habilidades sociales, Motivación intrínseca, Sentimiento de Orgullo, Configuración del equipo, Confianza, Liderazgo del equipo, Compromiso.

Fuente: elaboración propia.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El presente estudio tuvo como finalidad efectuar un mapeo sistemático de literatura (MSL) para la identificación de métricas de evaluación de los factores de productividad de equipo en ASD asociados a las categorías Significado, Impacto y Flexibilidad expuestas en un estudio preliminar [15] y que se representan en la Figura 1. Para el caso de los FSH en los trabajos [20], [22], [24] se exponen pautas para su medición, razón por la cual en este documento no son considerados.

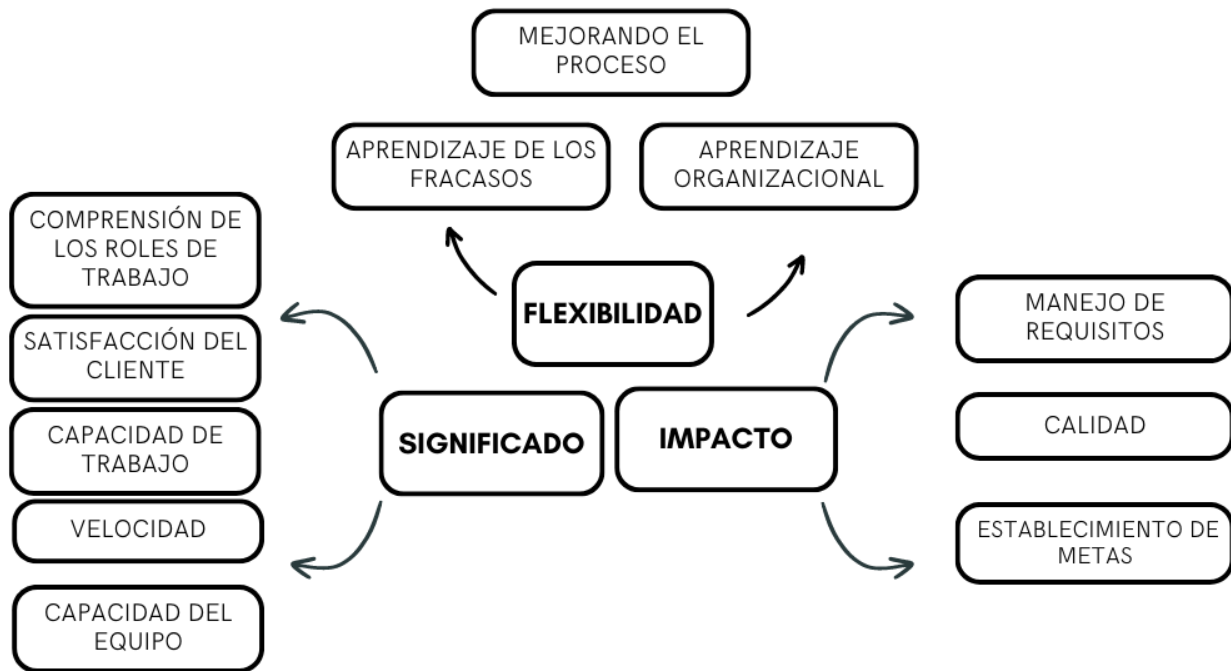


Figura 1.
Factores de productividad seleccionados.
Fuente: elaboración propia.

Par el MSL se sigue el proceso sistemático, ordenado, metódico y replicable propuesto por [25]. Para ello, el estudio se dirigió por las etapas expuestas en la Figura 2.

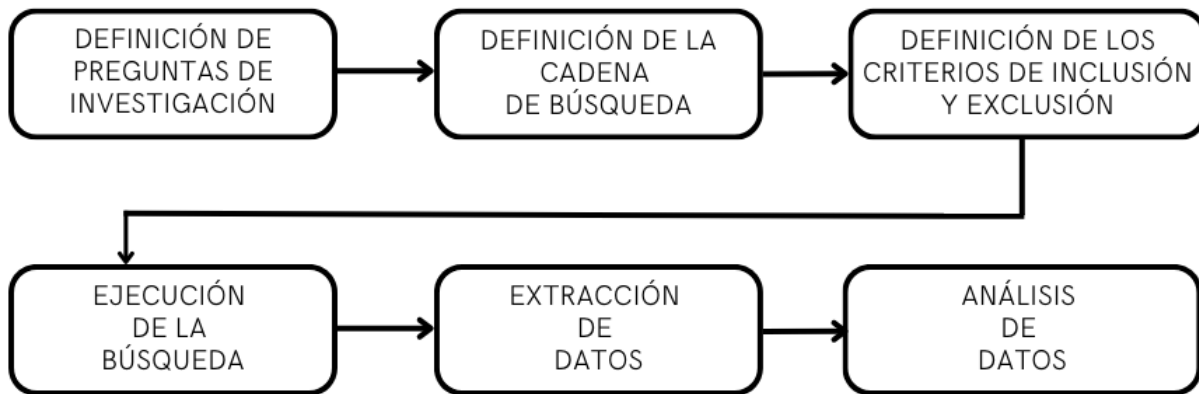


Figura 2.
Proceso de realización de mapeo sistemático.
Fuente: elaboración propia basada en [25].

3.1 Definición de las preguntas de investigación

Las preguntas de investigación seleccionadas para este MSL son:

RQ1. ¿Cuál es la definición que se evidencia en la literatura sobre el factor [Factor] desde una perspectiva del ASD?

RQ2. ¿Cómo es la medición del factor [Factor] en un equipo ágil?

En la búsqueda [Factor] se reemplaza por cada uno de los conceptos de los 11 factores seleccionados. Por ejemplo, ¿Cuál es la definición que se evidencia en la literatura sobre el factor [Capacidad de trabajo] desde una perspectiva del ASD?

3.2 Definición de la cadena de búsqueda

La cadena de búsqueda se diseña con base en el propósito del estudio. La cadena emplea el operador booleano (AND) para la conexión de los términos. La ecuación de búsqueda usada es: *measurement AND [Factor] AND agile team*.

Nótese que el termino [Factor] es sustituido por el nombre de cada uno de los once factores seleccionados.

3.3 Definición de criterios de inclusión y exclusión

Para efectuar la búsqueda se consideraron los criterios de inclusión y exclusión descritos en la Tabla 3 y los filtros definidos en la Tabla 4.

Tabla 3
Filtros usados para el esquema de clasificación

Criterios	ID	Descripción
Inclusión	1	Estudios publicados entre 2001 y 2022.
	2	Estudios completos publicados en revistas, conferencias o congresos con revisión por pares.
	3	Estudios escritos en inglés.
	4	Estudios relacionados con desarrollo ágil de software.
	5	Estudios que son reportados como estudios primarios.
Exclusión	1	Estudios publicados antes del 2001.
	2	Informes técnicos y artículos de debate o discusión o material no revisado por pares.
	3	Estudios escritos en otro idioma diferente al inglés.
	4	Estudios que no involucran al desarrollo ágil de software.
	5	Estudios secundarios o terciarios que reportan y analizan resultados de otras investigaciones.
	6	Estudios no accesibles en texto completo.
	7	Estudios duplicados.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4
Filtros usados para el esquema de clasificación

Filtro	Descripción	Criterio	
		Inclusión	Exclusión
1	Buscar los artículos aplicando la cadena de búsqueda en los motores de las fuentes seleccionadas.	1,2 y 3	1,2 y 3
2	Leer el título, palabras clave y resumen del artículo aplicando los criterios de inclusión y exclusión.	2, 3, 4 y 5	2,3,4 y 5
3	Eliminar estudios duplicados.	-	7
4	Leer introducción, resultados y conclusiones del artículo aplicando los criterios de inclusión y exclusión.	3, 4 y 5	3,4, 5 y 6
5	Leer el artículo completo aplicando los criterios de inclusión y exclusión.	3, 4 y 5	3,4, 5 y 6

Fuente: elaboración propia.

3.4 Ejecución de la búsqueda

Las bases de datos bibliográficas seleccionadas para la búsqueda fueron IEEE Xplore DL y Scopus. Para lograr dicho propósito, se ejecutó la cadena de consulta para cada uno de los factores y se consideró algunos parámetros que se evidencian en la Tabla 5 (filtro 1).

Tabla 5
Parámetros considerados en los motores de búsqueda Fuente elaboración propia

Parámetro de consulta	IEEE Xplore DL	Scopus
Rango de publicación	2001 - 2022	2001 - 2022
Tipo de publicación	Conferences, Journals	Conference Paper, Article
Idioma	No aplica	Inglés
Área de conocimiento	No aplica	Computer Science, Engineering

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente (filtro 2), se continúa por efectuar la lectura del título, resumen y palabras clave de cada uno de los estudios seleccionados tras aplicar el filtro 1. Cabe resaltar que para el caso de las palabras clave se consideraron los términos relacionados (ver Tabla 6). Adicionalmente, se descartaron los documentos que no son reportados como estudios primarios.

Tabla 6
Términos considerados en el proceso de búsqueda

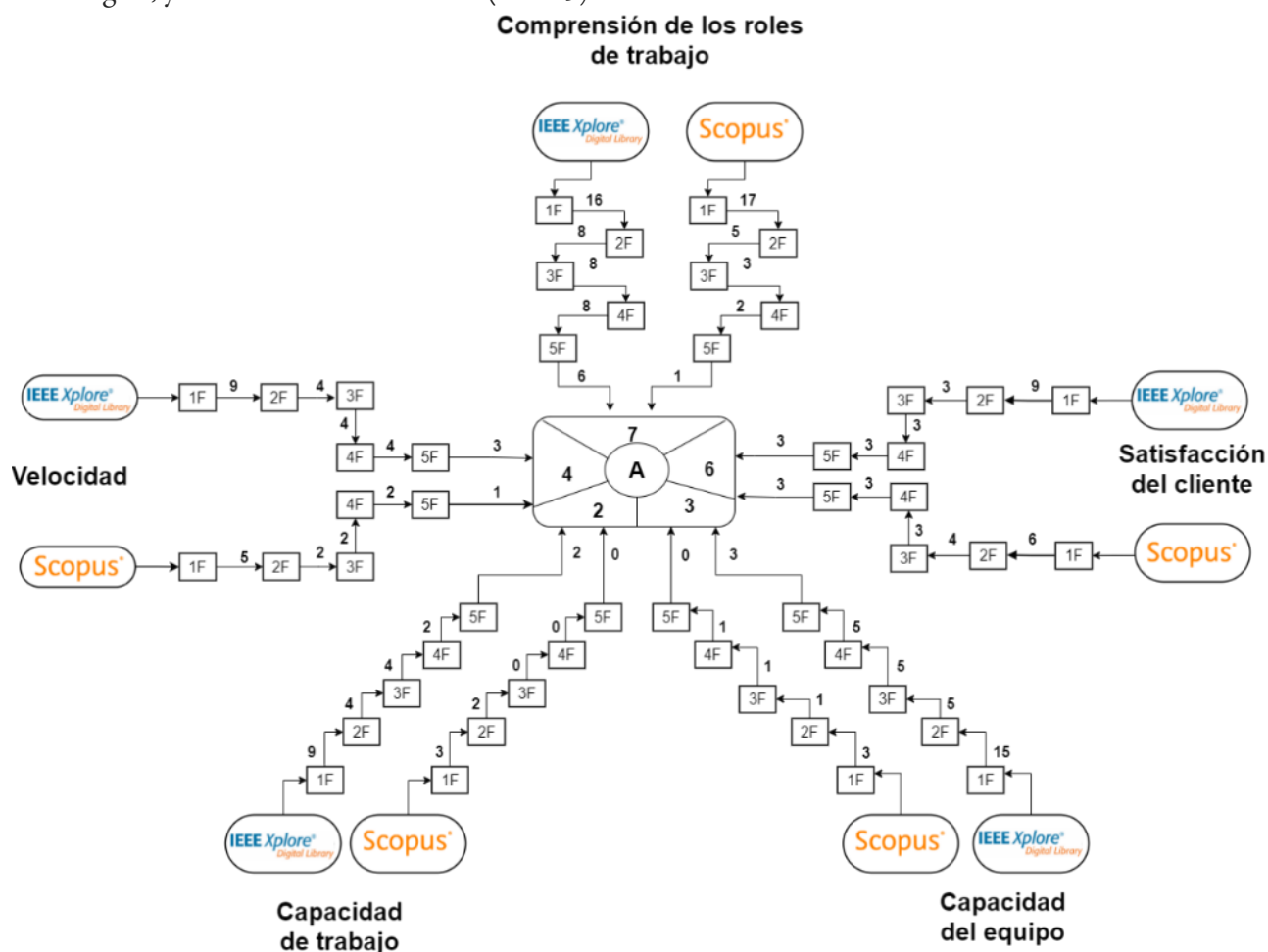
Gestor bibliográfico	Términos
IEEE Xplore DL	Author Keywords - IEEE Terms INSPEC Controlled Terms- INSPEC Non-Controlled Terms
Scopus	Author Keywords Index Keywords

Fuente: elaboración propia.

Una vez aplicado el filtro 2, se continua por eliminar los estudios duplicados (filtro 3). Para la eliminación de duplicados se decide conservar el estudio de la fuente original a la que pertenece.

Como paso siguiente se continua por efectuar la lectura de la introducción, resultados y conclusiones de cada uno de los artículos seleccionados (filtro 4). Finalmente, se realiza la lectura del artículo completo

considerando el resto de los elementos estructurales como lo son el marco de antecedentes, el diseño metodológico, y la discusión de resultados (filtro 5).



En la Figura 3, se detalla la cantidad de estudios identificados por cada filtro de búsqueda discriminados para cada uno de los factores de la categoría Significado. En total se identificaron 22 estudios, de los cuales el 77.2 % pertenecían a IEEE Xplore DL y el 22.8 % a Scopus.

En la Figura 4, se detalla la cantidad de estudios identificados por cada filtro de búsqueda discriminados para cada uno de los factores de la categoría Impacto. En total se identificaron 21 estudios, de los cuales el 61.9 % pertenecían a IEEE Xplore DL y el 38.1 % a Scopus.

Manejo de los requisitos

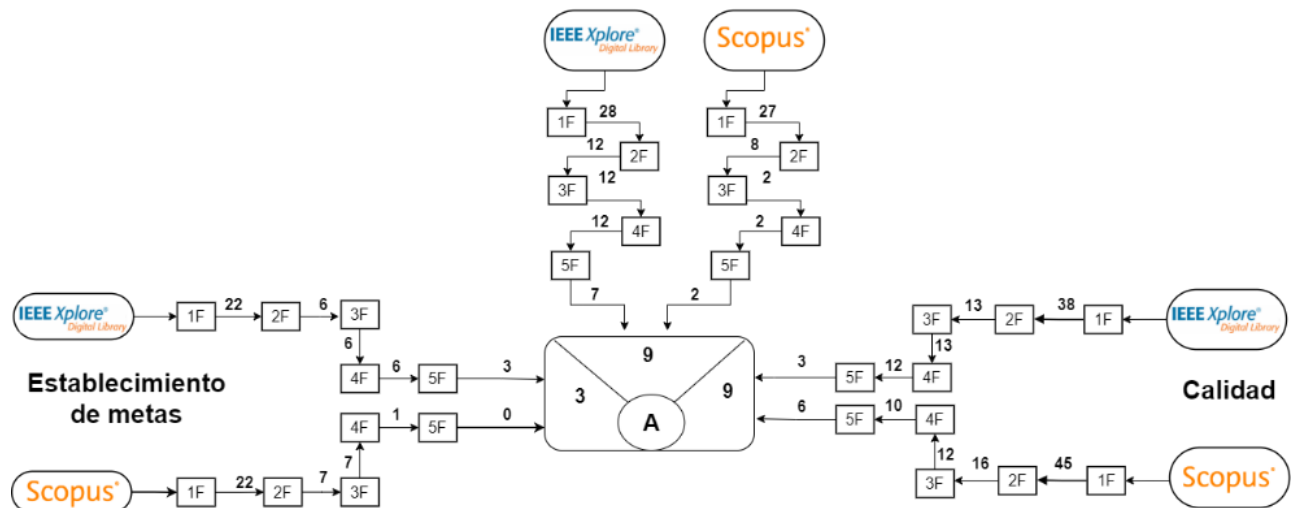


Figura 4.

Estudios identificados en los factores de la categoría Impacto por cada gestor bibliográfico.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5, se detalla la cantidad de estudios identificados por cada filtro de búsqueda discriminados para cada uno de los factores de la categoría Flexibilidad. En total se identificaron 5 estudios, de los cuales el 100 % de ellos pertenecían al gestor bibliográfico de IEEE Xplore DL.

Aprendizaje organizacional

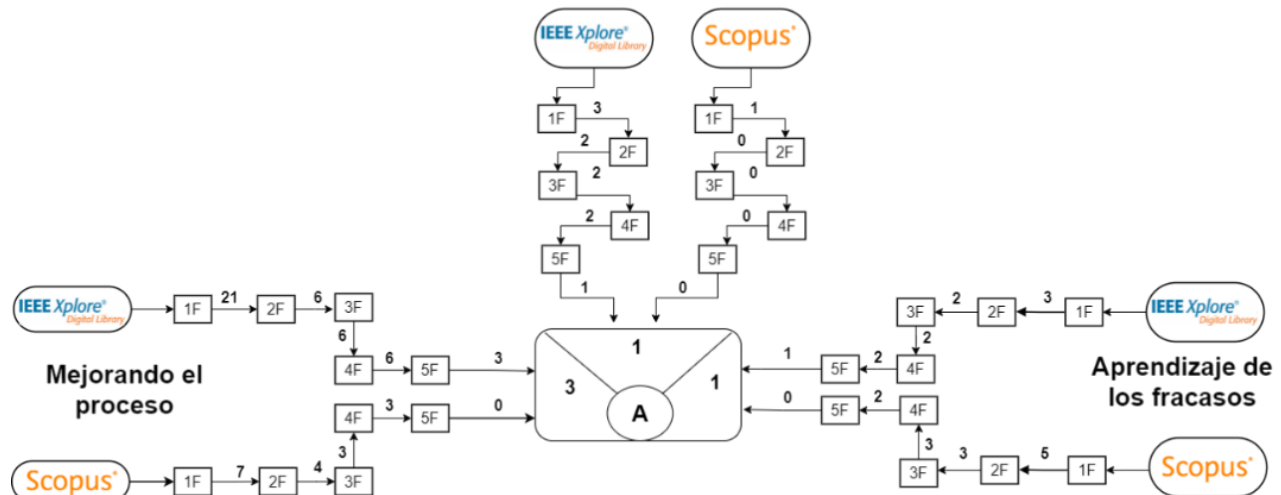


Figura 5.

Estudios identificados en los factores de la categoría Flexibilidad por cada gestor bibliográfico.

Fuente: elaboración propia.

El procedimiento mencionado anteriormente posibilitó la consolidación de un total de 48 estudios. No obstante, es importante señalar que, se encontraron estudios que contenían más de un factor, por lo que, al unificarlos el número se reduce a 42 artículos.

3.5 Evaluación de la calidad

Después del proceso de selección, se realiza una tarea adicional vinculada a garantizar la calidad de los artículos localizados, que implica examinar una serie de criterios que se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7
Criterios de evaluación de la calidad

ID	Criterio	Categoría
C1	Los objetivos y las preguntas de investigación se presentan de manera clara y explícita, además de ser pertinentes para el estudio.	Calidad del reporte
C2	El estudio muestra un diseño metodológico que facilita el logro de los objetivos establecidos.	Rigor
C3	El proceso de recopilación de datos se ajusta de manera coherente al diseño metodológico.	Rigor
C4	Los resultados presentados son consistentes y transparentes en relación con el diseño metodológico planteado.	Credibilidad
C5	El estudio es valorado por otros investigadores.	Relevancia

Fuente: elaboración propia.

Se implementó una escala para evaluar la calidad de los artículos, en la cual se calificaba el nivel de cumplimiento de los criterios según las categorías de Alto (2 puntos), Medio (1 punto) y Bajo (0 puntos). Los artículos que alcanzaron una calificación igual o superior al 80 % del total de puntos posibles fueron los seleccionados para su inclusión final.

Al concluir el proceso de evaluación de calidad, se encontró que, de los 42 estudios analizados, un total de 37 artículos lograron superar el umbral del 80 % y fueron considerados para su inclusión en la investigación.

3.6 Extracción de los datos

En esta etapa se procede a la extracción de datos considerando las preguntas de investigación definidas en la primera fase del mapeo. La revisión permitió la depuración de la información considerando los siguientes metadatos por artículo: título, autores, base de datos bibliográfica, tipo de estudio, nombre de la publicación, año de publicación y palabras clave.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con la revisión de los documentos seleccionados se consolidaron de acuerdo con las preguntas de investigación para el MSL.

4.1 Generalidades

La cantidad de estudios que cumplieron con los filtros expuestos fue de 37. Los estudios hallados pertenecen a las fuentes de información seleccionadas considerando que el 67.6 % son de IEEE Digital Xplore y el 32.4 % de Scopus.

En cuanto a la frecuencia de publicación de los artículos se encontró que, entre el 2018 y 2022 un 59.4 % de los estudios abordan métricas de evaluación de factores de productividad en ASD (ver Figura 6).

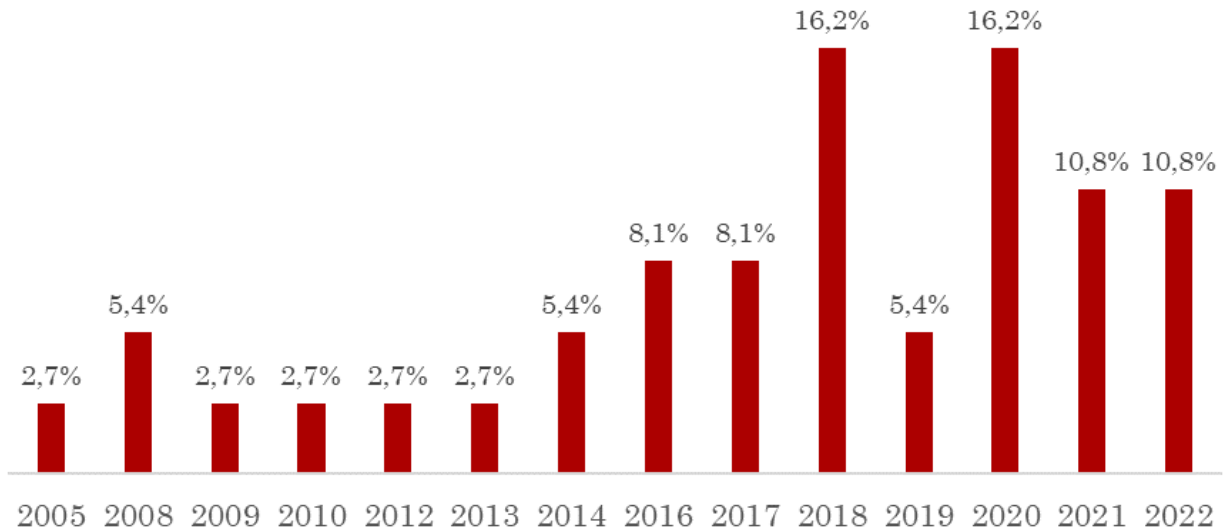


Figura 6.
Año de publicación de los estudios.
Fuente: elaboración propia.

Según el tipo de estudio de los artículos seleccionados se rescata que el 89.2 % son estudios expuestos en una Conferencia y un 10.8 % en una revista.

Otro aspecto para tener en cuenta fue la localización geográfica de los autores de los documentos analizados, con el objetivo de determinar el origen de los estudios por país de manera proporcional. La distribución de los países de procedencia de los artículos revisados se muestra en la Figura 7.

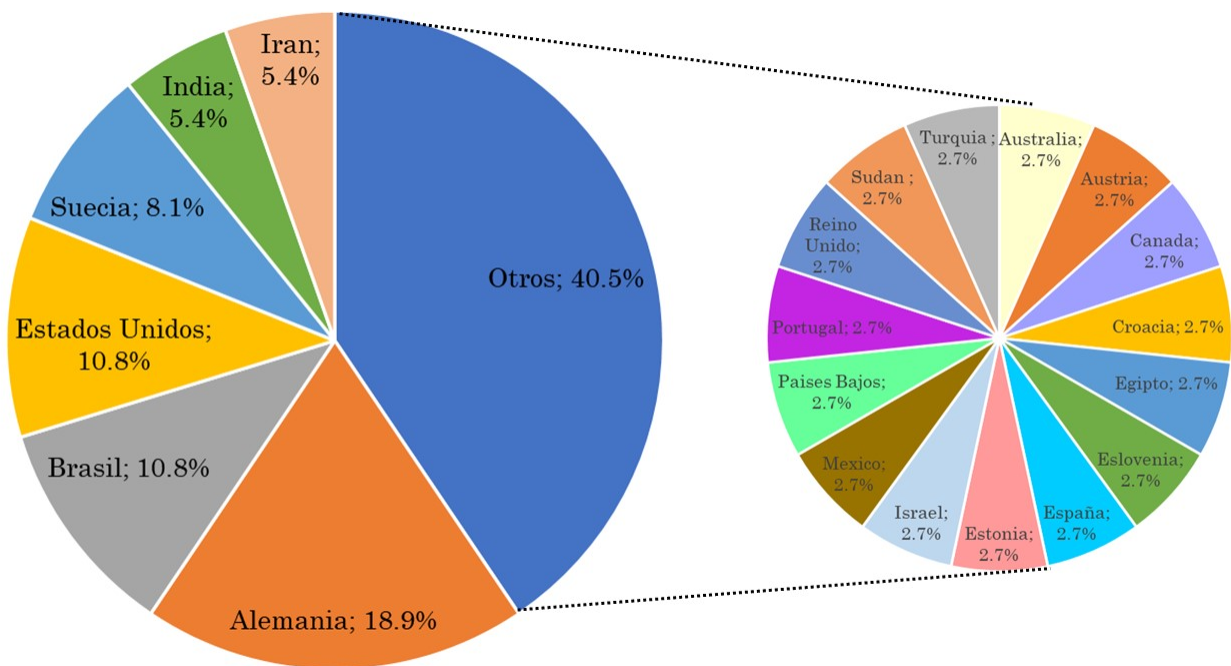


Figura 7.
Países de origen de los documentos revisados.
Fuente: elaboración propia.

Con relación a la presencia de información sobre factores y métricas de productividad en los estudios, se encontró que de los 37 identificados en el MSL el 48.6 % de ellos se refieren a factores de productividad asociados con la categoría *significado*; el 43.2 % describen factores de productividad asociados a la categoría *impacto* y un 8.2 % a factores de la categoría *flexibilidad*.

4.2 Concepción y medición de los factores de productividad

La Tabla 8 sintetiza la información correspondiente a cada uno de los factores pertenecientes a la categoría *significado*, con su definición consolidada, métricas de evaluación y la forma de medición que los autores de esta investigación proponen como ejemplo para una de las métricas identificadas por cada factor.

Tabla 8

Definición y métricas de evaluación para cada factor de productividad de la categoría significado

Factor	Definición	Métricas de evaluación	Forma de medición
Satisfacción del cliente	Factor blando [26] asociado al sentimiento de felicidad que se provoca en el cliente cuando un equipo cumple con sus expectativas [27], [28] a través del valor que genera [28] y se mide de manera continua [29], [30].	- Porcentaje de historias de usuario planeadas (estado to do) que se encuentran hechas (estado done) [29]. (1) - Incremento en la calidad del software [27], [30], [31] - Entrega temprana [27].	$SC = \frac{HU \text{ Done}}{HU \text{ To Do}} * 100 \text{ (1)}$ Donde HU = Historias de usuario SC = Satisfacción del cliente
Comprensión de los roles de trabajo	Factor referente a la asignación de roles [32] y responsabilidades [33]-[35] de acuerdo con las habilidades complementarias que posee cada integrante [36] para analizar su contribución en el equipo [34], con el fin de propiciar multifuncionalidad [33], [37].	- Asignación de roles en función de sus capacidades [36]. - Medida del Tiempo de Función (RTM). Mide la relación desarrollo/ desempeño de funciones; es decir, el tiempo invertido en tareas de desarrollo en relación con el tiempo invertido en actividades de rol [32]. (2) - Medida de la Comunicación del Rol (RCM). Mide el nivel de comunicación en el equipo en cada fase de desarrollo. Esta medida evoluciona ya que cada titular de un rol necesita comunicarse con los demás miembros del equipo para poder desempeñar su función con mayor eficacia [32].	$TR = \frac{TUTR}{TTT} * 100$ $TD = \frac{TTT}{TR} * 100$ $RTM = \frac{TTT}{TD} * 100 \text{ (2)}$ Donde TR = Tiempo del rol TUTR = Tiempo utilizado en tareas del rol TTT = Tiempo total trabajado TD = Tiempo de desarrollo RTM = Tiempo de Función
Capacidad del equipo	Es la suma sinérgica de las capacidades individuales de los integrantes del equipo para desarrollar el trabajo que se planea [36], [38].	- Cantidad de trabajo que puede hacer el equipo en un sprint [36]. - Tiempo requerido para dar respuesta (historia de usuario en estado Done) a una necesidad del cliente (historia de usuario en estado To Do) [39]. (3)	$CE = FF \text{ (Done)} - FI \text{ (To Do)} \text{ (3)}$ Donde: FF = Fecha finalización FI = Fecha de inicio CE = Capacidad del equipo
Capacidad de trabajo	Medida de la potencia máxima del equipo [40], es decir, es la relación que existe entre el trabajo desarrollado durante una iteración y el trabajo planeado [41]	- Porcentaje de trabajo planeado para una iteración que fue realizado [40]. (4) - Porcentaje de puntos historia planeados para una iteración que fueron realizados [41].	$CT = \frac{\sum TT \text{ iteracion}_i}{\sum TE \text{ iteracion}_i} \text{ (4)}$ Donde: TT = Tiempo trabajado TE = Tiempo estimado CT = Capacidad de trabajo
Velocidad	Se define como la cantidad de trabajo que un equipo logra completar al final de una iteración [41], [42].	- Sumatoria de las historias de usuario completadas en una iteración [40]-[43]. (5) - Sumatoria de la cantidad de puntos historia completados al final de cada iteración [40]- [43].	$V = \sum_{i=1}^n HU \text{ Iteracion}_i \text{ (5)}$ Donde: HU = Historias de usuario V = Velocidad

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 9 sintetiza la información correspondiente a cada uno de los factores pertenecientes a la categoría *impacto*, con su información respectiva (definición, métricas y forma de medición propuesta).

Tabla 9

Definición y métricas de evaluación para cada factor de productividad de la categoría impacto

Factor	Definición	Métricas de evaluación	Forma de medición
Establecimiento de metas	De acuerdo con el enfoque orientado por objetivos en el agilismo [44], es la forma de medir el grado o nivel de cumplimiento de el/los objetivo(s) [45] planificado(s) para una iteración [46].	En la literatura no se encuentran métricas para medir el establecimiento de metas, sin embargo, de acuerdo con [44]-[46], se propone establecer indicadores que estén de acuerdo con el/los objetivo(s) propuesto(s).	No se encontró información al respecto
Manejo de los requisitos	Trazabilidad que se realiza a los requerimientos, es decir, los cambios o variaciones que pueden tener las necesidades desde su identificación (To Do) hasta llegar a un estado finalizado (Done); a través de la participación continua [47] de los interesados [48]-[51] durante las iteraciones. Las necesidades pueden ser expresadas como requerimientos funcionales [52], [53] o no funcionales [49], [50].	La literatura está orientada a establecer indicadores relacionados con la gestión de requisitos principalmente procesos orientados a medir su calidad o a estimar tiempo, costo y esfuerzo. No obstante, existe información reducida sobre el grado o nivel de variación de las necesidades durante una iteración. Por esta razón se propone: - Variación porcentual de los cambios realizados en una iteración pasada y una presente. (6)	No se encontró información al respecto, no obstante, se propone la siguiente métrica: $MR = \frac{CP - CPS}{CPS} * 100 \quad (6)$ Donde: CP = # Cambios realizados en la presente iteración CPS = # Cambios realizados en la iteración pasada MR = Manejo de los requisitos
Calidad	La calidad del trabajo en equipo (por sus siglas en inglés TWQ) es una medida que permite evaluar el nivel de cumplimiento del trabajo a través de la comunicación abierta diaria [54]-[57], los compromisos, la capacidad para finalizar tareas y evaluación de resultados [55], [58], [59].	- Nivel de cumplimiento del trabajo [54]-[56] (Tablero de estado de las tareas del sprint (verde/amarillo/rojo) [37]). (7) - Errores por sprint [37]. - Problemas reportados por el cliente [37]. - Conteo de impedimentos por sprint [37].	$C = \frac{\sum Tareas\ Done_i}{\sum Tareas\ Sprint_i} \quad (7)$ Donde: C = Calidad

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 10 sintetiza la información correspondiente a cada uno de los factores pertenecientes a la categoría *flexibilidad*, con su información respectiva (definición, métricas y forma de medición propuesta).

Tabla 10

Definición y métricas de evaluación para cada factor de productividad de la categoría flexibilidad

Factor	Definición	Métricas de evaluación	Forma de medición
Mejorando el proceso	Capacidad del equipo para de manera autónoma gestionar un plan de mejora continua [37], [60] a través de espacios de retroalimentación permanentes [37], [61] con el fin de incrementar su rendimiento [61].	- Nivel de madurez del proceso que desarrollan los integrantes de un equipo [37],[60],[61]. (8)	$NMP = \frac{AMR}{AMP} * 100 \text{ (8)}$ Donde: NMP = Nivel de madurez del proceso AMR = Actividades de mejora realizadas en una iteración AMP = Actividades de mejora planeadas para una iteración
Aprendizaje organizacional	Capacidad para crear, organizar y procesar información, con el fin de generar nuevo conocimiento de manera individual y de equipo, propiciando una cultura para desarrollar nuevas capacidades y el aprendizaje de sus procesos de mejora continua [62].	- Cultura del aprendizaje organizacional [63]. - Formación [63]. (9) - Claridad estratégica [63]. - Soporte organizacional [63].	$FAT = \frac{ACAT}{ACR} * 100 \text{ (9)}$ Donde: FAT = Formación aplicable al trabajo ACAT = Actividades de capacitación aplicadas en el trabajo ACR = Actividades de capacitación realizadas
Aprendiendo de los fracasos	Capacidad de un equipo para aprender de los errores y/o problemas presentados en una iteración a través de espacios de retroalimentación y comunicación permanente [61].	- Grado de aprendizaje de un equipo de desarrollo de software frente a los errores (falta de comunicación, falta de pensamiento de calidad, falta de habilidades, percepciones erróneas y retención de información) presentados en una iteración [61]. (10)	$GAE = \frac{\sum FOE_i}{\sum FOTE_j} \text{ (10)}$ Donde: GAE= Grado de aprendizaje en una escala (Ej. Mucho, Suficiente, Medianamente, Poco, Nada) FOE = Frecuencia Observada de la Escala FOTE = Frecuencia Observada del total de la escala.

Fuente: elaboración propia.

4.3 Discusión

Con relación a los aspectos generales, se puede destacar que durante el período de 2018 a 2022, se observa el mayor porcentaje de publicación de estudios asociados con métricas de evaluación de factores de productividad en el desarrollo de software ágil (ASD), teniendo en cuenta la limitación de la revisión hecha únicamente en las bases de datos IEEE Xplore DL y Scopus. Esta tendencia en la cantidad de publicaciones sugiere un creciente interés en comprender y mejorar la productividad en el contexto del desarrollo ágil de software en los últimos años. Es posible que este aumento refleje el interés y la necesidad por medir y mejorar la eficiencia y efectividad de los métodos, técnicas y prácticas ágiles que han venido adoptando las empresas de la industria de software en los últimos años.

Por otra parte, se encontró que la mayoría de los estudios analizados han sido publicados en conferencias lo cual resalta la preferencia de los investigadores por presentar y discutir sus hallazgos en este tipo de eventos para obtener retroalimentación y compartir conocimientos de manera más inmediata. Sin embargo, también sugiere que hay una oportunidad para una mayor profundización y revisión por pares a través de la publicación en revistas académicas, lo que puede contribuir a una mayor validación y difusión de la investigación en este campo.

La distribución geográfica de los estudios revela cifras significativas, con un 48.6 % de ellos provenientes del continente europeo y un 27 % de origen americano. Este resultado indica una mayor presencia y contribución tanto de investigadores europeos como americanos en el ámbito de las métricas para evaluar los factores de productividad en el desarrollo de software ágil (ASD).

Es importante resaltar que los estudios encontrados proporcionan una mayor cantidad de información para aquellos factores que están vinculados con la percepción que tienen los integrantes un equipo de desarrollo sobre la productividad, ya sea desde una perspectiva específica o general y un porcentaje reducido aporta información sobre factores que afectan la productividad de un equipo cuando este se somete a condiciones que implican cambios.

Durante la identificación de métricas, se encontró que factores como la velocidad, la capacidad de trabajo y la capacidad del equipo proporcionan métricas de medición centradas principalmente en el trabajo desarrollado por los integrantes del equipo. Por otro lado, factores como el aprendizaje organizacional y el aprendizaje de los fracasos están más orientados a situaciones que involucran el entorno y la organización en su conjunto.

Con relación a los trabajos relacionados, se observa que, aunque en [13], [17]- [19] se examinan los factores y las interrelaciones que influyen en la productividad de un equipo ágil, algunos a través de la realización de revisiones sistemáticas de la literatura [17]- [19], la información recuperada sobre la conceptualización y la medición de estos factores es limitada. Es decir, los estudios se centran fundamentalmente en identificar los factores sin profundizar en su significado y cómo pueden ser medidos.

En [13] y [17], se busca ir más allá de la identificación de los factores, proponiendo un modelo de medición basado en ellos. Contribuir al entendimiento del sentido y significado de los factores y establecer un camino sistemático para su medición se convierte en un aporte valioso que ayuda a cerrar la brecha de conocimiento en la medición de la productividad del equipo en ASD.

5. CONCLUSIONES

Esta investigación aborda un mapeo sistemático de la literatura llevado a cabo en dos bases de datos IEEE Xplore DL y Scopus. Este proceso reveló en 37 estudios primarios la definición y métricas para evaluar 11 factores de productividad del equipo en el desarrollo ágil de software, clasificados en las categorías: significado, impacto y flexibilidad.

A través de estos estudios, se ha avanzado y aportado en la comprensión de los factores, identificado métricas para su evaluación y una aproximación de formalización matemática para algunas de esas métricas. Sin embargo, se observó que la literatura no aporta información en cuanto a métricas disponibles sobre factores como el establecimiento de metas y el manejo de requisitos. Por lo tanto, en esta investigación fue necesario proponer algunos elementos que podrían ser considerados en su medición.

Se resalta que la mayor parte de los estudios detallan información sobre métricas de factores de productividad pertenecientes a la categoría Significado con un 48.6 % seguido por un 43.2 % en la categoría Impacto.

La principal limitación de este estudio fue que no se consideraron las fuentes bibliográficas de información como ACM Digital Library, Web of Science, Compendex, Science Direct y Springer Link. Sería interesante replicar la investigación incluyendo estos motores de búsqueda.

Como trabajo futuro se pretende que, con el análisis realizado en la literatura se construya un modelo conceptual que incluya los factores de productividad de equipo en ASD y sus métricas de evaluación, lo cual posteriormente se consolidaría en un proceso de medición de productividad aplicable a equipos en contextos ágiles.

REFERENCIAS

- [1] Pragma. “Agilismo: clave para la transformación digital.” *academiapragma.com*. Accessed: Jan. 07, 2021. [Online]. Available: <https://www.pragma.com.co/academia/conceptos/agilismo-clave-para-la-transformacion-digital>
- [2] H. C. Beh, Y. Y. Jusoh, R. Abdullah, and S. Hassan, “Dimensions in Measuring Performance of Agile Software Development Projects: A Literature Review,” in *2022 Applied Informatics International Conference (AiIC)*, Serdang, Malaysia, 2022, pp. 83-87. <https://doi.org/10.1109/AiIC54368.2022.9914025>
- [3] L. M. Restrepo-Tamayo, G. P. Gasca-Hurtado, S. Galeano Ospino, and L. Machuca-Villegas, “Transferencia de conocimiento en equipos de desarrollo de software usando gamificación: un cuasiexperimento,” *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 30. no. 4 pp. 705–718, Dec. 2022. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052022000400705>
- [4] B. Binboga, and C. A. Gumussoy, “Factors Affecting Agile Software Project Success,” *IEEE Access*, Apr. 2024. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3384410>
- [5] B. Portelli, B. Behlendorf, and T. O’Reilly, “The 17th State of Agile Report,” Digital.ai, Raleigh, USA, Rep. 17th. Accessed: Nov. 02, 2020. [Online]. Available: <https://stateofagile.com>
- [6] M. G. S. Ortega, G. B. Soto, R. R. P. Cinco, and L.-F. Rodríguez, “Framework to analyze the relationship between agile software engineers’ emotions and their productivity,” in *2021 10th International Conference on Software Process Improvement (CIMPS)*, Torreón, Coahuila, Mexico, 2021, pp. 66–69. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9652780>
- [7] M. Á. Maldonado Arango, “Factores que afectan la productividad en equipos Scrum analizados con pensamiento sistémico,” M.S. thesis, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2017. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59778>
- [8] C. de O. Melo, D. S. Cruzes, F. Kon, and R. Conradi, “Interpretative case studies on agile team productivity and management,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 55, no. 2, pp. 412–427, Feb. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2012.09.004>
- [9] A. Hernández-López, “Medidas de productividad en los proyectos de desarrollo de software: una aproximación por puestos de trabajo,” Ph.D. thesis, Universidad Carlos III de Madrid, España, 2014. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=86091>
- [10] C. Stylianou, and A. S. Andreou, “Investigating the Impact of Developer Productivity, Task Interdependence Type and Communication Overhead in a Multi-Objective Optimization Approach for Software Project Planning,” *Adv. Eng. Softw.*, vol. 98, pp. 79–96, Aug. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.advensoft.2016.04.001>
- [11] F. Tavakoli, and T. J. Gandomani, “A Novel Team Productivity Model for XP Teams,” *J. Cases Inf. Technol.*, vol. 20, no. 4, pp. 93–109, 2018. <https://doi.org/10.4018/JCIT.2018100106>
- [12] C. de O. Melo, and F. Kon, “Empirical Evaluation of Agile Practices Impact on Team Productivity BT - Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming,” in *Lecture Notes in Business Information Processing*, A. Sillitti, O. Hazzan, E. Bache, and X. Albaladejo, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 322–323. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20677-1_26
- [13] V. A. Bollati, G. Gaona, P. B. Lima, and L. Cuenca Pletsch, “Software Development Teams: Factors Influencing their Productivity,” in *21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Leadership in Education and Innovation in Engineering in the Framework*

of *Global Transformations: Integration and Alliances for Integral Development*, Buenos Aires, Argentina, Jul. 2023, Paper 1561. <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.1561>

- [14] M. Guerrero-Calvache, and G. Hernández, “Team productivity in agile software development: A systematic mapping study,” in *Communications in Computer and Information Science*, H. Florez, H. Gomez, Eds., Switzerland, Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 455–471. https://doi.org/10.1007/978-3-031-19647-8_32
- [15] M. Guerrero-Calvache, and G. Hernández, “Team Productivity factors in Agile Software Development: An Exploratory Survey with Practitioners BT - Applied Informatics,” in *Communications in Computer and Information Science*, H. Florez, and M. Leon, Eds., Switzerland, Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 261–276. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46813-1_18
- [16] M. Turić, S. Čelar, and S. Dragičević, “Productivity Factors in Agile Software Development Projects,” in *Proceedings of the 34th DAAAM International Symposium*, Vienna, Austria, 2023, pp. 0004–0008. <https://doi.org/10.2507/34th.daaam.proceedings.001>
- [17] I. Fatema, and K. Sakib, “Using Qualitative System Dynamics in the Development of an Agile Teamwork Productivity Model,” *International Journal on Advances in Software*, vol. 11, no. 12, pp. 170–185, Jul. 2018. https://www.researchgate.net/publication/326412693_Using_Qualitative_System_Dynamics_in_the_Development_of_an_Agile_Teamwork_Productivity_Model
- [18] E. D. Canedo, and G. A. Santos, “Factors Affecting Software Development Productivity: An empirical study,” in *Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering*, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019, pp. 307–316. <https://doi.org/10.1145/3350768.3352491>
- [19] J. Iqbal, M. Omar, and A. Yasin, “Defining Teamwork Productivity Factors in Agile Software Development,” *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 12, no. 3, p. 1160, May. 2022. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.3.13648>
- [20] L. Machuca-Villegas, G. P. Gasca-Hurtado, S. M. Puente, L. Marcela, and R. Tamayo, “Factores sociales y humanos que influyen en la productividad del desarrollo de software: Medición de la percepción,” *RISTI: Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, no. E41, pp. 488-502, Dec. 2021. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8610713>
- [21] L. Machuca-Villegas, and G. P. Gasca-Hurtado, “Towards a Social and Human Factor Classification Related to Productivity in Software Development Teams,” in *Trends and Applications in Software Engineering Advances in Intelligent Systems and Computing*, J. Mejia, M. Muñoz, Á. Rocha, and A. J. Calvo-Manzano, Eds., Switzerland, Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 36–50. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33547-2_4
- [22] L. Machuca-Villegas, G. P. Gasca-Hurtado, L. M. Restrepo Tamayo, and S. Morillo Puente, “Social and Human Factor Classification of Influence in Productivity in Software Development Teams,” in *Communications in Computer and Information Science*, M. Yilmaz, J. Niemann, P. Clarke, R. Messnarz, Eds., Switzerland, Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 717–729. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56441-4_54
- [23] F. Fagerholm, M. Ikonen, P. Kettunen, J. Münch, V. Roto, and P. Abrahamsson, “How Do Software Developers Experience Team Performance in Lean and Agile Environments?,” in *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2014, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1145/2601248.2601285>

- [24] L. Machuca-Villegas, G. P. Gasca-Hurtado, S. Morillo Puente, and L. M. Restrepo Tamayo, "An Instrument for Measuring Perception about Social and Human Factors that Influence Software Development Productivity," *JUCS - Journal of Universal Computer Science*, vol. 27, no. 2, pp. 111–134, Feb. 2021. <https://doi.org/10.3897/jucs.65102>
- [25] K. Petersen, S. Vakkalanka, and L. Kuzniarz "Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering," *Information and Software Technology*, vol. 64, pp. 1–18, Aug. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007>
- [26] H. Klein, and S. Canditt, "Using Opinion Polls to Help Measure Business Impact in Agile Development," in *Proceedings of the 1st International Workshop on Business Impact of Process Improvements (BiPi '08)*, <https://doi.org/10.1145/1370837.1370843>
- [27] E.-M. Ahmed, and A. Sidky, "25 percent Ahead of Schedule and just at "Step 2" of the SAMI," in *2009 Agile Conference*, Chicago, IL, USA, 2009, pp. 162-169. <https://doi.org/10.1109/AGILE.2009.63>
- [28] C. Ertaban, E. Sarikaya, and S. Bagriyanik, "Agile Performance Indicators for Team Performance Evaluation in a Corporate Environment," in *Proceedings of the 19th International Conference on Agile Software Development: Companion*, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018, pp. 1-3. <https://doi.org/10.1145/3234152.3234156>
- [29] A. O. Gadelsied, T. M. M. Elhassan, W. M. Mohamed, and H. M. Abushama, "Assessment method for Scrum culture within the Development team," in *2020 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE)*, Khartoum, Sudan, 2021, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCCEEE49695.2021.9429608>
- [30] N. Abbas, A. M. Gravell, and G. B. Wills, "The Impact of Organization, Project and Governance Variables on Software Quality and Project Success," in *2010 Agile Conference*, Nashville, TN, USA, 2010, pp. 77-86. <https://doi.org/10.1109/AGILE.2010.16>
- [31] L. Brezocnik, and C. Majer, "Product Evaluation Through Contractor and In-House Metrics," in *Proceedings of the SQAMIA 2016: 5th Workshop of Software Quality, Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications*, Budapest, Hungary, Aug. 2016. <https://ceur-ws.org/Vol-1677/paper02.pdf>
- [32] Y. Dubinsky, and O. Hazzan, "The role of a project-based capstone course," in *Proceedings. 27th International Conference on Software Engineering*, St. Louis, MO, USA, 2005, pp. 645-646. <https://doi.org/10.1109/ICSE.2005.1553628>
- [33] I. Signoretti, S. Marczak, L. Salerno, A. d. Lara, and R. Bastos, "Boosting Agile by Using User-Centered Design and Lean Startup: A Case Study of the Adoption of the Combined Approach in Software Development," in *2019 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)*, Porto de Galinhas, Brazil, 2019, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ESEM.2019.8870154>
- [34] B. Martens, and J. Franke, "Identifying Agile Roles in Software Engineering Projects using Repository and Work-Tracking Data," in *2022 International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE)*, Denpasar, Indonesia, 2022, pp. 83-88. <https://doi.org/10.1109/ICoDSE56892.2022.9971901>
- [35] D. Wahyudin, M. Heindl, B. Eckhard, A. Schatten, and S. Biffl, "In-Time Role-Specific Notification as Formal Means to Balance Agile Practices in Global Software Development Settings," in *Balancing Agility and Formalism in Software Engineering*, B. Meyer, J. R. Nawrocki, and B. Walter, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 208-222. https://doi.org/10.1007/978-3-540-85279-7_17

- [36] S. D. Vishnubhotla, E. Mendes, and L. Lundberg, "Designing a Capability-Centric Web Tool to Support Agile Team Composition and Task Allocation: A Work in Progress," in *2018 IEEE/ACM 11th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE)*, Gothenburg, Sweden, 2018, pp. 41-44. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8445534>
- [37] A. Agarwal, N. K. Garg, and A. Jain, "Quality assurance for Product development using Agile," in *2014 International Conference on Reliability Optimization and Information Technology (ICROIT)*, Faridabad, India, 2014, pp. 44-47. <https://doi.org/10.1109/ICROIT.2014.6798281>
- [38] S. Čelar, M. Turić, and L. Vicković, "Method for personal capability assessment in agile teams using personal points," in *2014 22nd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)*, Belgrade, Serbia, 2014, pp. 1134-1137. <https://doi.org/10.1109/TELFOR.2014.7034607>
- [39] E. Mendes, D. Viana, S. D. Vishnubhotla, and L. Lundberg, "Realising Individual and Team Capability in Agile Software Development: A Qualitative Investigation," in *2018 44th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*, Prague, Czech Republic, 2018, pp. 183-190. <https://doi.org/10.1109/SEAA.2018.00037>
- [40] S. Downey, and J. Sutherland, "Scrum Metrics for Hyperproductive Teams: How They Fly like Fighter Aircraft," in *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, Wailea, HI, USA, 2013, pp. 4870-4878. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2013.471>
- [41] E. Scott, K. N. Charkie, and D. Pfahl, "Productivity, Turnover, and Team Stability of Agile Teams in Open-Source Software Projects," in *2020 46th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*, Portoroz, Slovenia, 2020, pp. 124-131. <https://doi.org/10.1109/SEAA51224.2020.00029>
- [42] K. M. Bumbarly, "Using Velocity, Acceleration, and Jerk to Manage Agile Schedule Risk," *2016 International Conference on Information Systems Engineering (ICISE)*, Los Angeles, CA, USA, 2016, pp. 73-80. <https://doi.org/10.1109/ICISE.2016.21>
- [43] F. Almeida, and P. Carneiro, "Performance metrics in scrum software engineering companies," *International Journal of Agile Systems and Management*, vol. 14, no. 2, pp. 205-223, Sep. 2021. <https://doi.org/10.1504/IJASM.2021.10041601>
- [44] S. Vazifeh-Noshafagh, V. Hajipour, S. Jalali, D. Di Caprio, and F. J. Santos-Arteaga, "Maturing the Scrum Framework for Software Projects Portfolio Management: A Case Study-Oriented Methodology," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 123283-123300, Nov. 2022. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3224447>
- [45] S. L. Ramírez-Mora, and H. Oktaba, "Team Maturity in Agile Software Development: The Impact on Productivity," in *2018 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)*, Madrid, Spain, 2018, pp. 732-736. <https://doi.org/10.1109/ICSME.2018.00091>
- [46] L. Fitzpatrick, "The Role of Emotional Intelligence in Agile Project Management," in *2022 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, Portland, OR, USA, 2022, pp. 1-9. <https://doi.org/10.23919/PICMET53225.2022.9882795>
- [47] A. Alhubaishy, and L. Benedicenti, "Affect and Affective Trust in Agile Requirements Engineering," in *2018 1st International Workshop on Affective Computing for Requirements Engineering (AffectRE)*, Banff, AB, Canada, 2018, pp. 9-12. <https://doi.org/10.1109/AffectRE.2018.00007>
- [48] A. Mashmool, S. Khosravi, J. H. Joloudari, I. Inayat, T. J. Gandomani, and A. Mosavi, "A Statistical Model to Assess the Team's Productivity in Agile Software Teams," in *2021 IEEE 4th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE)*, Budapest, Hungary, 2021, pp. 11-18. <https://doi.org/10.1109/CANDO-EPE54223.2021.9667902>

- [49] W. Alsaqaf, M. Daneva, and R. Wieringa, "Agile Quality Requirements Engineering Challenges: First Results from a Case Study" in 2017 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM), Toronto, ON, Canada, 2017, pp. 454-459. <https://doi.org/10.1109/ESEM.2017.61>
- [50] W. M. Farid, and F. J. Mitropoulos, "NORMATIC: A visual tool for modeling Non-Functional Requirements in agile processes," in 2012 *Proceedings of IEEE Southeastcon*, Orlando, FL, USA, 2012, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1109/SECon.2012.6196989>
- [51] B. Kumar, U. K. Tiwari, D. C. Dobhal, and H. S. Negi, "User Story Clustering using K-Means Algorithm in Agile Requirement Engineering," in 2022 International Conference on Computational Intelligence and Sustainable Engineering Solutions (CISES), Greater Noida, India, 2022, pp. 1-5. <https://doi.org/10.1109/CISES54857.2022.9844390>
- [52] M. Oriol et al., "Data-driven and tool-supported elicitation of quality requirements in agile companies," *Software Quality Journal*, vol. 28, no. 3, pp. 931-963, Sep. 2020. <https://doi.org/10.1007/s11219-020-09509-y>
- [53] I. Wentzlaff, "Establishing a Requirements Baseline by Functional Size Measurement Patterns," in *CEUR Joint Proceedings of the REFSQ 2017 Co-Located Events: 1st International Workshop on Requirements Prioritization and Enactment*, vol. 1796, Feb. 2017. <https://ceur-ws.org/Vol-1796/prior-paper-1.pdf>
- [54] M. Silva et al., "A Comparative Analysis of Agile Teamwork Quality Models," in 2021 *International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*, Split, Hvar, Croatia, 2021, pp. 1-6. <https://doi.org/10.23919/SoftCOM52868.2021.9559062>
- [55] A. Poth, M. Kottke, and A. Riel, "Evaluation of Agile Teamwork Quality," in *Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming -- Workshops*, M. Paasivaara and P. Kruchten, Eds., Switzerland, Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 101-110. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58858-8_11
- [56] A. Poth, M. Kottke, and A. Riel, "Agile Teamwork Quality in the Context of Agile Transformations - A Case Study in Large-Scaling Environments," in *Systems, Software and Services Process Improvement*, M. Yilmaz, J. Niemann, P. Clarke, and R. Messnarz, Eds., Switzerland, Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 232-243. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56441-4_17
- [57] A. Freire, M. Perkusich, R. Saraiva, H. Almeida, and A. Perkusich, "A Bayesian networks-based approach to assess and improve the teamwork quality of agile teams," *Inf Softw Technol.*, vol. 100, pp. 119-132, Aug. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2018.04.004>
- [58] M. Silva, A. Freire, M. Perkusich, K. Gorgônio, H. Almeida, and A. Perkusich, "On the Influence of Different Perspectives on Evaluating the Teamwork Quality in the Context of Agile Software Development," in *Proceedings of the XXXIV Brazilian Symposium on Software Engineering*, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1145/3422392.3422397>
- [59] S. Coyle, and J. Barata, "Socially-constructed metrics for Agile Quality: An Action Research Study," in *Australasian Conference on Information Systems*, Wollongong, Australia, 2016. <https://aisel.aisnet.org/acis2016/70>
- [60] C. Matthies, "Agile Process Improvement in Retrospectives," in 2019 *IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings (ICSE-Companion)*, Montreal, QC, Canada, 2019, pp. 150-152. <https://doi.org/10.1109/ICSE-Companion.2019.00063>

- [61] F. Kortum, J. Klünder, O. Karras, W. Brunotte, and K. Schneider, "Which Information Help agile Teams the Most? An Experience Report on the Problems and Needs," in 2020 46th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA), Portoroz, Slovenia, 2020, pp. 306-313. <https://doi.org/10.1109/SEAA51224.2020.00058>
- [62] L. Gren, "Learning More from Crossing Levels: Investigating Agility at Three Levels of the Organization," in *2017 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, Las Vegas, NV, USA, 2017, pp. 1035-1038. <https://doi.org/10.1109/CSCI.2017.179>
- [63] E. A. Arteaga Castillo, "Factores y estrategias basadas en software libre que propician el aprendizaje organizacional en el área de tecnología de la Universidad de Nariño," M.S. tesis, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2018. [Online]. Available: <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/3428>

Notas

6. AGRADECIMIENTOS Y FINANCIACIÓN :

Los autores expresan sus agradecimientos a los grupos de Investigación: Galeras.NET del Departamento de Sistemas de la Universidad de Nariño y GISMAR del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Mariana por permitir y apoyar el desarrollo de este trabajo el cual pertenece a un producto de investigación de la tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de Nariño, denominado "Modelo de evaluación de productividad de equipo en el desarrollo ágil de software".

CONFLICTOS DE INTERÉS DE LOS AUTORES :

Se declara que no existe ningún conflicto de intereses económicos, profesionales o personales que puedan influir de forma inapropiada en los resultados obtenidos en este artículo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES :

El aporte de cada autor se realizó de manera colaborativa; la conceptualización, diseño y el desarrollo de la investigación fue del 50 % para cada autor.

Información adicional

Cómo citar / How to cite: M. Guerrero-Calvache, and G. Hernández, "Métricas para la evaluación de factores de productividad de equipo en desarrollo ágil de software: un mapeo sistemático de literatura," *TecnoLógicas*, vol. 27, no. 59, e2918, Apr. 2024. <https://doi.org/10.22430/22565337.2918>

Enlace alternativo

<https://revistas.itm.edu.co/index.php/tecnologicas/issue/view/135> (html)



Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344276634008>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la
academia

Marcela Guerrero-Calvache, Giovanni Hernández

**Métricas para la evaluación de factores de productividad
de equipo en desarrollo ágil de software: un mapeo
sistemático de literatura**

Metrics for the Evaluation of Team Productivity Factors in
Agile Software Development: A Systematic Literature
Mapping

Tecnológicas

vol. 27, núm. 59, p. 1 - 20, 2024

Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia
tecnologicas@itm.edu.co

ISSN: 0123-7799 / **ISSN-E:** 2256-5337

DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.22430/22565337.2918>



CC BY-NC-SA 4.0 LEGAL CODE

**Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-
CompartirIgual 4.0 Internacional.**