

Modelos Visuales durante la Adquisición de Conocimiento: Un Mapeo Sistemático de la Literatura

Alberto Sebastián^{1,2}[0009-0007-9892-5181], Graciela D.S. Hadad^{1,3}[0000-0003-4909-9702], Leandro Antonelli^{2,4}[0000-0003-1388-0337] y Carlos Neil²

¹ Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática, Universidad de Belgrano

² Facultad de Tecnología Informática, Universidad Abierta Interamericana

³ Instituto de Ingenierías y Nuevas Tecnologías, Universidad Nacional del Oeste

⁴ Centro de Investigación de la Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata

{alberto.sebastian, graciela.hadad}@comunidad.ub.edu.ar
{leandro.antonelli, carlos.neil}@uai.edu.ar

Resumen. Existen dificultades en la comprensión del contexto de la aplicación por parte de los ingenieros de requisitos, así como también en la comunicación entre las partes durante la etapa de adquisición de conocimiento en el proceso de Ingeniería de Requisitos. Por lo cual, la calidad de los modelos derivados se ve afectada. Se propone entonces conocer la utilidad potencial de diversos modelos visuales como mapas mentales, mapas conceptuales y diagramas de facilitación gráfica según trabajos publicados vinculados a la adquisición de conocimiento, con aportes disciplinares de la Ingeniería de Requisitos, la Gestión del Conocimiento, la Educación y el Desarrollo Organizacional, mediante la técnica de un mapeo sistemático de la literatura. Existen trabajos previos relativos a estos modelos en la Ingeniería de Requisitos, pero se encuentran fuertemente vinculados a las herramientas y técnicas para su construcción, siendo la mayor cantidad de artículos publicados en los años 2014 y 2017. Como resultado, se ha obtenido que la disciplina de mayor aporte corresponde a la Ingeniería de Requisitos, a través del modelo visual mapa mental, mientras que no se ha detectado el uso de diagramas de facilitación gráfica. Por otro lado, el modelo de mapa conceptual tiene su máxima utilización en las disciplinas de Educación y Gestión del Conocimiento, con una menor utilización en la Ingeniería de Requisitos.

Palabras Clave: Adquisición de conocimiento, Facilitación Gráfica, Mapas Conceptuales, Mapas Mentales.

1 Introducción

En el proceso de Ingeniería de Requisitos orientado al Cliente [1] [2], que se basa en el uso de modelos en lenguaje natural, se ha observado a través de varios estudios [3] [4] [5] [6] que existen dificultades en la comprensión del problema de los usuarios durante la adquisición del conocimiento. Gran parte de ello se debe a dificultades en la comunicación debido a los sesgos cognitivos de los ingenieros de requisitos [7], y a las

falencias propias de los usuarios [8]. Adquirir conocimiento para comprender el contexto es una etapa fuertemente relacionada al proceso de aprendizaje, por lo que se estima que algunos modelos visuales, tales como mapas conceptuales (MC), mapas mentales (MM) y diagramas de facilitación gráfica (FG), provenientes del campo de la Educación, Gestión de Conocimiento y Desarrollo Organizacional podrían ser aplicables a la Ingeniería de Requisitos. Se han elegido estos modelos por ser ampliamente conocidos y poseer una gran difusión, inclusive a través de redes sociales como Youtube, y principalmente porque se originaron para facilitar el aprendizaje.

Por ello se presenta un mapeo sistemático de la literatura, utilizando la metodología propuesta por [9], con el propósito de conocer la utilidad potencial de estos modelos visuales según trabajos publicados vinculados a la adquisición de conocimiento, con aportes disciplinares de la Ingeniería de Requisitos, Gestión del Conocimiento, Educación o Desarrollo Organizacional. Dichos aportes realizados por cada una de las disciplinas son relativos a: i) marco teórico: que representa el aporte de los artículos en conocimientos teóricos y/o formulaciones teóricas aceptadas o desarrolladas sobre los tres modelos visuales; y ii) posible solución: que representa formulaciones prácticas aceptadas o desarrolladas en los artículos, con el potencial necesario para mitigar o subsanar las dificultades observadas en la comprensión del problema.

Cabe mencionar que existen en la literatura escasos mapeos sistemáticos en Ingeniería de Requisitos que han detectado algún uso de MC [10] y MM [11]. En la revisión de literatura presentada en [10] sobre técnicas para comprender los requisitos entre 2009 y 2019, hallaron solo 2 artículos de un total de 45 que utilizaban MC como medio de representación de ontologías. El artículo [11] revisa en la literatura el uso de MM como apoyo de las actividades en la Ingeniería de Requisitos entre 2010 y 2016.

El presente artículo se organiza de la siguiente manera: la sección 2 describe el estado actual del conocimiento sobre los modelos visuales a estudiar; la sección 3 presenta las preguntas de investigación y describe el método utilizado para la búsqueda y selección de artículos; en la sección 4 se exponen las respuestas a las preguntas de investigación y resultados encontrados; y en la sección 5 se presentan las conclusiones y algunos futuros trabajos de investigación.

2 Antecedentes

El proceso de Ingeniería de Requisitos orientado al Cliente [1] [2] en el que se enmarca este artículo, se centra en que los usuarios y los ingenieros de requisitos compartan el mismo lenguaje, aquel utilizado en el contexto de la aplicación. Para lograrlo, el proceso inicia construyendo un glosario de términos del universo de discurso donde se encuentra inmersa la aplicación, denominado Léxico Extendido del Leguaje (LEL) [12]. Es el primer modelo a partir del cual se derivan otros y se realiza durante la etapa del proceso denominada *Comprender el Universo de Discurso*. Es en esta etapa donde se efectúa la mayor adquisición de conocimiento, y donde se presentan las dificultades que se manifiestan en la calidad de los modelos, principalmente en omisiones y ambigüedades [3] [13]. Cabe destacar que gran parte de esos defectos provienen desde la elicitación y no solo se generan en el modelado [14].

Por otro lado, el modelado conceptual implica la creación de modelos que describan una parte del mundo real de manera clara y lo más precisa posible [15], con el propósito de representar tanto el problema como su posible solución. Estos modelos, denominados *modelos conceptuales*, son esenciales en la actividad de elicitación, ya que facilitan la integración de diversos puntos de vista. De acuerdo a Popescu et al. [16], pueden jugar un rol considerable en la reducción de la ambigüedad en los requisitos. El modelo LEL se considera un modelo conceptual del proceso de Ingeniería de Requisitos orientado al Cliente que justamente pretende mitigar ambigüedades. Por lo tanto, establecer la forma por la cual se pueda derivar un modelo conceptual a partir de los modelos visuales en el marco de la Ingeniería de Requisitos, así como, el nivel de calidad alcanzado por ellos, resulta esencial para poder derivar el modelo LEL también con la calidad apropiada.

Los modelos visuales cumplen diversos propósitos dependiendo de la disciplina en la que se construyen: Educación, Gestión de Conocimiento y Desarrollo Organizacional. Tienen distintos enfoques de construcción, además del método propuesto por sus creadores, y pueden ser elaborados con diversas herramientas, lo que contribuye con diferentes niveles de calidad. Estos son los principios que se intentan identificar mediante este mapeo sistemático de la literatura.

Los MC representan un modelo visual ampliamente utilizado para el aprendizaje en un dominio o tema, siendo además un registro organizado jerárquicamente del conocimiento adquirido [17]. Por otro lado, los MM tienen el potencial de captar únicamente los puntos e ideas importantes de un tema en forma de palabras o imágenes clave adecuadamente asociadas [18]. Asimismo, los modelos de FG surge con la idea operativa del pensamiento visual, donde las palabras van cobrando diferentes sentidos e ideando representaciones en dibujos, mapeando las conversaciones en tiempo real mientras dura la actividad de exposición [19]. Estos tres modelos visuales se encuentran fuertemente vinculados a las disciplinas previamente mencionadas.

3 Método de Investigación

Se plantearon las preguntas de investigación y sus motivos; ello dio marco al mapeo sistemático de la literatura. Este se realizó siguiendo un protocolo específico [9] para la búsqueda y selección de artículos, que incluyó: selección de bases de datos, período y profundidad de búsqueda, definición de cadenas de búsqueda, criterios de inclusión y exclusión, y obtención y análisis de los artículos.

3.1 Preguntas de investigación

Considerando el objetivo central de este trabajo y el marco temático, se busca identificar cuáles son los fines con los que se utilizan los modelos visuales, la manera en que se construyen, y las formas de medición de su calidad, según cada disciplina. También, determinar la manera en que se podría derivar un modelo conceptual a partir de los mismos. A tal fin, se han definido las siguientes tres preguntas de investigación, las que se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de Investigación

Preguntas	Motivación
Q1: ¿Cuáles son los fines con los que se utilizan los MC, MM, FG?	Identificar el uso general de los MM, MC y FG, y los siguientes usos específicos: <ul style="list-style-type: none"> • La comprensión de problemas • La adquisición, registro y compartición del conocimiento • La comunicación e interacción entre participantes
Q2: ¿Cómo se construyen MC, MM, FG?	Identificar la forma en que construyen los MM, MC y FG en términos de: <ul style="list-style-type: none"> • Construcción (técnicas, procedimientos y herramientas utilizados) • Medición de su calidad • Nivel de experiencia requerida
Q3: ¿Cómo se deriva un modelo conceptual a partir de MC, MM, FG?	Identificar la forma de derivación de un modelo conceptual a partir de MM, MC y FG relativo a: <ul style="list-style-type: none"> • Derivación del modelo conceptual (técnicas, procedimientos y herramientas utilizados) • Calidad del modelo conceptual derivado • Tipo de modelos conceptuales derivados

3.2 Búsqueda y selección de artículos

Para realizar el trabajo de búsqueda y obtención de artículos se decidió utilizar las siguientes 9 bases de datos o repositorios: i) Google Scholar; ii) ACM; iii) SpringerLink; iv) IEEE; v) Science Direct; vi) WER (Workshop on Requirements Engineering); vii) ProQuest; viii) Jstor; y ix) SciELO. La decisión se basó en su popularidad y cantidad de publicaciones relacionadas con Ingeniería de Requisitos.

Se estableció un período de búsqueda entre 2013 y 2023 para enfocarse en artículos relevantes y recientes. Se limitó la profundidad de búsqueda a un máximo de 50 artículos por bloque de resultados. Además, se utilizó la técnica de revisión de artículos referidos por otros, agrupándolos en una base de datos ficticia, llamada SnowBalling, para su registro y conteo.

La definición de términos de búsqueda se subdivide en dos actividades: i) establecimiento de términos principales y derivados, y ii) definición de cadenas de búsqueda. Inicialmente se realizó una revisión terciaria relativa al tema en la que se seleccionaron los siguientes dos artículos [10] [11] que se utilizaron como base para las dos actividades mencionadas. En función de estos artículos se presentan a continuación los términos principales y derivados en inglés:

conceptual model; concept map, mind map, graphic facilitation; comprehension, understanding, sharing; knowledge, information; requirement, requirements engineering; tool, technique, method, procedure; elicitation information, gathering information, capture information, acquire information, knowledge;

Utilizando dichos términos, se definieron 8 cadenas de búsqueda en inglés y sus correspondientes traducciones al castellano, las que se usaron en todos los repositorios

mencionados. Se necesitó este número de cadenas debido a que varias de las bases presentan limitaciones en la cantidad de operadores AND/OR, lo que imposibilita la construcción y búsqueda de una sola cadena. Las cadenas en inglés fueron:

- CB1: (concept map OR mind map OR graphic facilitation) AND (elicitation OR gather OR capture OR acquire) AND (knowledge OR information) AND (requirement OR requirements engineering);
- CB2: (concept map OR mind map OR graphic facilitation) AND (share OR comprehension OR understand) AND (knowledge OR information) AND (requirement OR requirements engineering);
- CB3: (concept map OR mind map OR graphic facilitation) AND (model OR design) AND (requirement OR requirements engineering);
- CB4: (concept map* OR mind map OR graphic facilitation) AND requirement AND software;
- CB5: (concept map* OR mind map OR graphic facilitation) AND (elicit* OR gather OR capture* OR acquire*);
- CB6: (concept map* OR mind map OR graphic facilitation) AND (comprehen* OR understand* OR share*);
- CB7: (concept map* OR mind map OR graphic facilitation) AND (tool OR technique OR method OR procedure) AND requirement;
- CB8: graphic facilitation OR visual facilitation OR visual thinking

Los criterios de exclusión definidos fueron:

- CE1: Publicaciones que presenten MC, MM o FG, pero que no fueran desarrollados durante un proceso de adquisición de conocimiento vinculado a las disciplinas de Ingeniería de Requisitos, Gestión del Conocimiento, Educación o Desarrollo Organizacional;
- CE2: Publicaciones relacionadas con las disciplinas de Ingeniería de Requisitos, Gestión de Conocimiento, Educación o Desarrollo Organizacional, que no se vinculen directamente con MC, MM o FG;
- CE3: Publicaciones basadas en opiniones o duplicadas;

La selección de artículos se llevó adelante con un proceso en dos etapas. La primera implicó ejecutar las cadenas de búsqueda en inglés y en castellano, en todas las fuentes según el período y la profundidad establecidos, y seleccionar artículos a partir de sus referencias bibliográficas, obteniéndose 4265 artículos. Se aplicaron tres filtros sucesivos: el primero descartó artículos que no incluían los términos principales o derivados, o no aplicaran los criterios de inclusión y exclusión; el segundo filtró los *abstracts* que no estaban relacionados con las preguntas de investigación o no correspondían al tema de investigación; y el tercero descartó artículos a los que no se pudo acceder completamente. La segunda etapa consistió en la lectura de los 41 artículos que pasaron la primera etapa. Es importante destacar que 10 de estos artículos surgieron de aplicar la técnica de SnowBalling sobre artículos individuales y sobre los 2 artículos de mapeos indicados [10, 11]. No fueron detectados otros estudios secundarios.

Los resultados obtenidos del proceso se encuentran expresados en la Tabla 2. De acuerdo a este mapeo sistemático, se han seleccionado finalmente 34 artículos de los

cuales 17 tratan con MC, 14 con MM y 3 con FG. Los 7 artículos excluidos en la segunda etapa se deben a que se encuentran fuera de la actividad de adquisición de conocimiento en las disciplinas involucradas. Por cuestiones de espacio, las referencias a los 34 artículos están disponibles para consulta en línea¹.

Tabla 2. Detalle del proceso de búsqueda y filtrado de artículos

BASES DE DATOS	Búsqueda	1ERA ETAPA			2DA. ETAPA	
		1 Filtro	2 filtro	3 filtro	4 filtro	
Google Schollar https://scholar.google.com/	650	80	18	17	14	
ACM Digital Library https://dl.acm.org/	573	12	5	5	3	
SpringerLink https://link.springer.com/	552	6	4	4	3	
IEEE Explorer https://ieeexplore.ieee.org/xplora/home.jsp	274	9	2	2	2	
Science Direct http://www.sciencedirect.com	556	2	1	1	1	
WER http://wer.inf.puc-rio.br/WEPapers/	215	5	1	1	1	
ProQuest http://search.proquest.com	650	5	2	1	0	
JSTOR https://www.jstor.org/	650	0	0	0	0	
Scielo https://scielo.org/es	105	0	0	0	0	
SnowBalling <small>Artículos referenciados a partir de otros</small>	40	40	10	10	10	
Aceptados:		4265	159	43	41	34
Rechazados:		4106	116	2	7	

Se ha observado que los períodos de mayor publicación de artículos que abordan modelos visuales para la adquisición de conocimiento alcanzan sus valores más altos en los años 2014 y 2017, con 8 y 5 artículos respectivamente. En la Fig. 1 se expresa la distribución porcentual de artículos por disciplina y modelo visual.

Se evidencia que los MC y los MM son ampliamente utilizados en Educación, Ingeniería de Requisitos y Gestión del conocimiento, mientras que la técnica de FG se utiliza en exclusiva en Desarrollo Organizacional. Se puede apreciar que el 78,57% de los artículos que tratan con MM lo hacen en el ámbito de la Ingeniería de Requisitos, mientras que los MC se tratan en forma balanceada entre la Ingeniería de Requisitos, la Educación y la Gestión de Conocimiento.

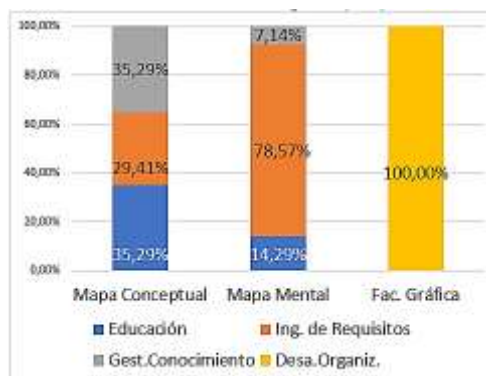


Fig. 1. Distribución por Disciplina y Modelo Visual

¹https://drive.google.com/file/d/1FFLYIEB1PCPMYdp0mdMvJ6VtsdVPBh_H/view?usp=sharing

4 Análisis de Resultados

Mediante la lectura y el análisis de los 34 artículos seleccionados, se ha realizado la siguiente síntesis de respuestas asociadas a las preguntas de investigación, agrupadas por modelos y ámbitos disciplinarios, según los motivos planteados.

4.1 Respuesta a pregunta de investigación 1

Q1: ¿Cuáles son los fines con los que se utilizan los MC, MM y FG?

Mapas Conceptuales.

En Ingeniería de Requisitos, los MC se utilizan para varias funciones clave: mejorar la representación del contexto de la aplicación y los requisitos de usuario [20], recopilar y compartir información para el aprendizaje en equipo[20], validar los requisitos de usuario y facilitar la comunicación entre usuarios y el equipo de ingenieros de requisitos [20], además de promover una comprensión más profunda de los conceptos. También, son herramientas valiosas para la toma de notas no lineales y para esquematizar el conocimiento durante las primeras etapas de aprendizaje, combinando técnicas de elicitación y de representación.

En Educación, los MC se utilizan como herramienta pedagógica para: recopilar, compartir y aprender información para fomentar la creatividad y la difusión del conocimiento; facilitar la exploración, articulación, negociación y compartición de conocimiento para motivar a los estudiantes; y representar conocimiento de manera no textual. Además, se emplean como herramienta de evaluación para analizar diferentes niveles de comprensión de problemas complejos y determinar la utilización efectiva del conocimiento por parte de los estudiantes. Estos mapas fomentan el trabajo colaborativo entre estudiantes y el docente, mejorando el entendimiento y el aprendizaje.

En Gestión del Conocimiento, los MC cumplen diversos propósitos: elicitación de conocimiento de diversas fuentes y expertos, tanto de manera explícita como tácita; co-creación de conocimiento y generación de discusión entre expertos y participantes; organización, representación y modelado del conocimiento de un dominio específico; y medición del conocimiento de una persona sobre un tema y contexto específico. Aunque no se han encontrado referencias sobre su uso para comprender problemas en esta disciplina, se utilizan principalmente para comunicar y compartir ideas complejas dentro de equipos.

Mapas Mentales.

En la Ingeniería de Requisitos cumplen diversos propósitos: i) Sirven como herramienta práctica y clara para compartir, organizar y priorizar diferentes tipos de conocimiento [21]; ii) Funcionan como representaciones visuales de los objetivos y requisitos de usuario, mejorando la comprensión, el aprendizaje y la comunicación entre usuarios con diferentes puntos de vista [22] [23]; iii) Son útiles para extraer, estructurar y organizar conocimiento del contexto de la aplicación durante la actividad de elicitación y modelado de un proceso de Ingeniería de Requisitos [24], agilizando la transformación de este conocimiento en requisitos plasmados en el mapa; iv) Permiten comprender y representar problemas, facilitando el procesamiento de la información [21] y reduciendo la carga cognitiva [22]; v) Previenen las malas interpretaciones del contexto de

la aplicación que puedan existir entre los usuarios, lo que resulta en una disminución del tiempo necesario para corregir y aclarar esas malas interpretaciones visualmente; vi) Facilitan la registración y refinamiento de cuestiones puntuales relacionadas con el conocimiento del contexto de la aplicación o la experiencia de especialistas, facilitando su organización, estructuración y maduración [24]; vii) Mejoran la comunicación entre ingenieros y usuarios, siendo especialmente efectivos para transmitir requisitos complejos tanto a usuarios técnicos como no técnicos [21]; y viii) Fomentan la participación de los usuarios durante las actividades de elicitación, especialmente en proyectos ágiles; ix) Posibilitan la representación de información esquematizada, lo que simplifica la identificación y clasificación de ideas y conceptos [24].

En el ámbito de la Educación, los MM se utilizan como herramienta para medir y promover el entendimiento de los estudiantes. Además, son empleados para fomentar la comprensión de problemas, registrar y resumir el conocimiento.

En la Gestión del Conocimiento, los MM se utilizan para codificar y compartir conocimiento proveniente de diversas fuentes y expertos.

Facilitación Gráfica.

En el Desarrollo Organizacional, los modelos de FG cumple una variedad de propósitos: i) Actúa como una técnica colaborativa que permite organizar y presentar ideas de manera visual, facilitando la comunicación en contextos donde se requiere una escucha activa; ii) Funciona como un organizador visual para representar información y conceptos, lo que contribuye al aprendizaje y estimula el pensamiento; iii) Fomenta la participación de equipos de trabajo con distintos puntos de vista y experiencias; iv) estimula la creatividad, la capacidad crítica y la imaginación, ayudando además a comprender situaciones complejas al capturar la esencia del mensaje y a identificar ideas que podrían pasar desapercibidas en otros contextos; y v) Promueve un ambiente de equilibrio y paridad en contextos de discusión o encuentro entre miembros de un equipo, donde todos los puntos de vista son valorados y contribuyen al desarrollo de una representación visual colectiva.

4.2 Respuesta a pregunta de investigación 2

Q2: ¿Cómo se construyen los MC, MM y FG?

Mapas Conceptuales.

En la Ingeniería de Requisitos, la construcción de MC destaca por diferentes enfoques: i) Metodología Tradicional: se siguen las técnicas establecidas por su autor [17], especialmente en contextos simples; ii) Metodología Mejorada: se adoptan recomendaciones de investigaciones posteriores, como el uso de estructuras no jerárquicas y referencias cruzadas para integrarlas en mapas más grandes [20]; y iii) Metodología Propia: se desarrollan métodos específicos, como procesos o frameworks, adaptados a las necesidades del proyecto. Además, pueden originarse de diversas fuentes: i) Fuente Oral: se crean a partir de la información verbal, ya sea con orientación o sin ella, principalmente en situaciones simples; y ii) Derivados de Otras Fuentes: pueden basarse en documentos escritos, ontologías (2 artículos hallados presentan la construcción de un MC a

partir de ontologías) u otros recursos disponibles. Por último, las herramientas más comúnmente utilizadas son: i) Herramientas de Mercado: Se emplean herramientas estándar disponibles comercialmente, y se recomienda el uso de software de gestión de tareas para una construcción organizada, especialmente en proyectos complejos; y ii) Herramientas Desarrolladas: Se utilizan herramientas diseñadas específicamente para respaldar el proceso de construcción de mapas conceptuales. Respecto de las técnicas utilizadas para medir el nivel de calidad de los mapas, las mismas se centran en: i) Dimensional Points: comparan dos o más dimensiones; y ii) ScorePoint: se asignan puntos basados en la combinación de diferentes variables cualitativas o cuantitativas [20].

En el ámbito de Educación, la construcción de MC se caracteriza por varios enfoques: i) Desarrollo de Metodologías Propias: se establecen procedimientos específicos adaptados a las necesidades del contexto educativo; ii) Utilización de Fuentes Externas: se generan a partir de documentos de texto proporcionados a los estudiantes como material de referencia; iii) Empleo de Herramientas del Mercado para la creación de mapas conceptuales; iv) Uso de Herramientas Desarrolladas diseñadas específicamente para facilitar su construcción; y v) Participación Asistida: los mapas conceptuales pueden ser creados en grupo, con la guía de una persona con más experiencia en el tema, quien proporciona material de apoyo para que los estudiantes ensamblen y expandan sus mapas. Respecto de las técnicas utilizadas para medir el nivel de calidad de los mapas, las mismas se centran en: i) ScorePoint; y ii) Comparative: se comparan los mapas generados por un grupo colaborativo con el mapa proporcionado por el facilitador.

En la Gestión del Conocimiento, la construcción de MC se caracteriza por varios aspectos: i) Metodología Tradicional de su creador [17]; ii) Metodología Mejorada: se incorporan recomendaciones como el uso de preguntas centrales, listas para definir relaciones y conceptos, y actividades para estructurar y dar sentido semántico; y iii) Metodología Propia adaptada a las necesidades. Asimismo, en cuanto a las fuentes y modalidades de construcción: i) Fuente Oral: con o sin la guía de una persona; ii) Participación Individual: cada persona crea su propio mapa; iii) Participación Asistida: se construye un único mapa en grupo, ya sea combinando varios individuales o con la guía de un experto; y iv) Interacción con otras técnicas de elicitación: se pueden crear durante una entrevista con el usuario o después de esta, sin la presencia del usuario. Respecto a la evaluación del nivel de calidad, se realiza a través de: i) Dimensional Points; y ii) ScorePoint. En cuanto al grado de experiencia necesaria para construirlos, se sugiere tener al menos un año de práctica. Además, se propone una actividad de entrenamiento estructurada en dos etapas: una asistida por computadora y otra cara a cara con un experto, con el fin de medir la evolución del entrenamiento.

Mapas Mentales.

En la Ingeniería de Requisitos, la construcción de MM se centra en varios aspectos clave: i) Metodología Mejorada: se sugiere el uso de preguntas específicas formuladas para la elicitación, como guía durante la construcción [24]; ii) Metodología Propia: se desarrolla un enfoque único y específico, que puede incluir un marco de trabajo completo para especificar modelos de dominio y comportamiento [22]; iii) Fuente Oral: [21] [23]; iv) Interacción con otras técnicas de elicitación: se elaboran después de finalizar la elicitación, sin la presencia del usuario, tal como después de entrevistas indivi-

duales; v) Herramientas de Mercado como MindMap, MindOnto o FreeMind, para elicitación de las necesidades de los clientes [21][23]; y vi) Herramientas Desarrolladas: creadas para apoyar el proceso de construcción del modelo, como un editor visual de modelado de dominio [22]. Respecto de las técnicas para medir el nivel de calidad de los mapas, las mismas se centran en: i) Dimensional Points: como la usabilidad y el esfuerzo de construcción utilizando métricas; y ii) Validación por Expertos: implica el análisis y la comparación de mapas con la opinión de un experto en el campo, que puede realizarse con la participación de los propios usuarios [21].

En el ámbito de la Educación, la construcción de MM se destaca por su forma de participación mixta, donde cada persona crea un mapa que luego se integra en uno final, ya sea con o sin la guía del docente. Según los expertos, los docentes suelen proporcionar un desglose de un mapa mental base que los estudiantes utilizan como referencia para crear sus propios mapas, los cuales luego se consolidan y validan en grupo hasta llegar al mapa original del docente. Además, se destaca la interacción con otras técnicas de elicitación, las cuales se llevan a cabo después de finalizada la técnica principal. Por ejemplo, se sugiere realizar entrevistas al docente y, en una clase posterior, llevar a cabo una exposición integradora basada en la información recopilada. Respecto de las técnicas utilizadas para medir el nivel de calidad de los mapas, las mismas se centran en ScorePoint, donde los puntajes se determinan mediante comparaciones con el mapa mental base creado por el docente.

En la Gestión del Conocimiento, la construcción se realiza mediante las técnicas tradicionales recomendadas por el creador [19], y se evalúa el nivel de calidad utilizando técnicas como Dimensional Points.

Facilitación Gráfica.

En el Desarrollo Organizacional, la creación de modelos de FG se lleva a cabo de diversas maneras. Según expertos en el tema, una de las prácticas sugeridas implica el dibujo y mapeo en tiempo real durante sesiones colaborativas. Por otra parte, otros trabajos proponen un proceso dividido en cuatro fases: Observar, Interpretar, Imaginar y Representar. Es posible también, la participación de un guía o facilitador que dirija las discusiones y promueva el consenso en el grupo a través de preguntas estratégicas.

4.3 Respuesta a pregunta de investigación 3

Q3: ¿Cómo se deriva un modelo conceptual a partir de MC, MM y FG?

En la Ingeniería de Requisitos, a partir de MM se detectó que se pueden derivar diversos modelos conceptuales, como diagramas de clases UML (6 artículos, tres de ellos son [22] [23] [24]), escenarios usando Behavior Driven Development (2 artículos, uno de ellos [22]) y modelos iStar (1 artículo [23]). Estos modelos conceptuales se evalúan en términos de calidad mediante técnicas como la validación con usuarios, métricas de validación y testeo automático de modelos, buscando asegurar la efectividad en la comprensión y comunicación con los usuarios, así como el adecuado esfuerzo invertido en su construcción. No se encontraron trabajos que deriven modelos conceptuales a partir de MC y FG en la Ingeniería de Requisitos.

4.4 Resultados

Cada artículo fue evaluado según su aporte al marco teórico y a una posible solución según los modelos visuales, utilizando una escala de Nulo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto aporte. La definición de las escalas y la evaluación de los artículos estudiados, junto a datos cuantitativos detallados se pueden consultar en internet². No obstante, la Tabla 3 presenta los cinco artículos considerados más relevantes respecto del aporte a una solución y marco teórico (Alto y Muy Alto). La Fig. 2 sintetiza el aporte de los 34 artículos al marco teórico y a una posible solución según los modelos visuales.

Tabla 3. Artículos más relevantes

Ref.	Título	Repositorio	Año	Modelo	Marco Teórico	Posible Solución
[21]	Mind Maps: An Alternative to Improve Quality and Communication During the Requirements Engineering Process	IEEE Explorer	2023	MM	Muy Alto	Muy Alto
[24]	Process of Transforming Requirements Elicited with MindMaps into iStar models	WER	2023	MM	Muy Alto	Muy Alto
[22]	SnapMind: a framework to support consistency and validation of model-based requirements in agile development	Snow-Balling	2014	MM	Alto	Muy Alto
[23]	Generating goal-oriented models from creative requirements using model driven engineering	SnowBall-ing	2013	MM	Alto	Muy Alto
[20]	Requirement eliciting process: a method to analyze requirements through concept maps	Google Scholar	2014	MC	Muy Alto	Alto

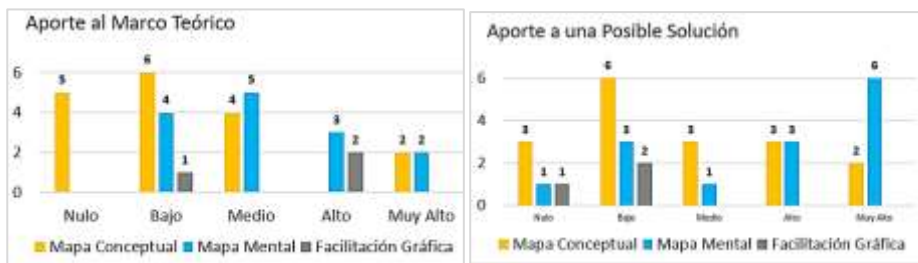


Fig. 2. Aportes de los artículos al marco teórico y a la posible solución

Es importante destacar, que el 26,4% de los artículos hacen un aporte relevante (Alto y Muy Alto) al marco teórico, mientras que el 41,1% hacen un aporte relevante a una posible solución sobre comprender el problema usando modelos visuales. Los artículos con aporte relevante al marco teórico tratan con MC en 2 artículos, MM en 5 artículos, y FG en 2 artículos, proviniendo del ámbito de las disciplinas de Ingeniería de Requisitos con 5 artículos, de Educación con 1 artículo, de Gestión del Conocimiento con 1 artículo y de Desarrollo Organizacional con 2 artículos. Así, los artículos con aportes relevantes a una posible solución se refieren a MC en 5 artículos y MM en 9 artículos,

²https://drive.google.com/file/d/1FFLYIEB1PCPMYdp0mdMvJ6VtsdVPBh_H/view?usp=sharing

presentados por las disciplinas de Ingeniería de Requisitos con 11 artículos, por Educación con 1 artículo y por Gestión del Conocimiento con 2 artículos.

Asimismo, el año con mayor cantidad de artículos considerados relevantes para el marco teórico fue 2014, con 3 artículos, siendo 2 artículo de MM y 1 artículo de MC donde 2 artículos fueron realizados en el ámbito de Ingeniería de Requisitos y 1 artículo en Educación. En el año 2013, se detectó la mayor cantidad de artículos relevantes (alto y muy alto) para una solución, siendo 4 artículos de los cuales 3 corresponden a MM y 1 a MC, siendo en las disciplinas de Ingeniería de Requisitos con 3 artículos, y en Educación con 1 artículo. El último año de publicaciones con artículos considerados relevantes al marco teórico fue realizado en 2023 con 2 artículos de MM en la Ingeniería de Requisitos. En el caso una posible solución, el último año también fue 2023 con 2 artículos relativos a MM que lo tratan en la Ingeniería de Requisitos.

5 Conclusiones

Este artículo presenta un mapeo sistemático para conocer las posibles contribuciones de los modelos visuales MC, MM y FG en la adquisición de conocimiento, con el fin de poder abordar las dificultades en la comprensión del problema de los usuarios, y la comunicación entre estos y los ingenieros de requisitos durante dicha actividad.

En los ámbitos de Ingeniería de Requisitos, Educación y Gestión del Conocimiento, los MC desempeñan funciones importantes. En Ingeniería de Requisitos, mejoran la representación del contexto de la aplicación y facilitan la validación de requisitos. En Educación, se utilizan para recopilar información, fomentar la creatividad y evaluar la comprensión de problemas complejos. En Gestión del Conocimiento, se emplean para elicitar y modelar el conocimiento, promover la comunicación entre equipos y medir la comprensión de temas específicos. Además, la construcción de MC en estos campos implica una variedad de enfoques, herramientas y metodologías, con técnicas específicas para evaluar su calidad, que van desde puntos dimensionales hasta puntuaciones. Así, las disciplinas recomiendan un entrenamiento estructurado para adquirir experiencia en su elaboración.

En Ingeniería de Requisitos, los MM son esencialmente usados para organizar el conocimiento, visualizar requisitos y facilitar la comunicación entre ingenieros y usuarios. Se utilizan preguntas específicas, enfoques únicos y herramientas comerciales o desarrolladas específicamente para construirlos, los cuales se evalúan mediante usabilidad y validación con usuarios o expertos. En Educación, sirven para evaluar el entendimiento de los estudiantes y sintetizar información. Se crean de manera participativa y se evalúan comparativamente contra un mapa base, con o sin la guía del docente. Por otro lado, en Gestión del Conocimiento, permiten codificar y compartir conocimiento de diversas fuentes y expertos, y se emplean técnicas tradicionales de construcción y evaluación centradas en la estructura y el detalle.

La FG tiene múltiples funciones: fomenta la comunicación visual de ideas, estimula el aprendizaje y la participación en equipos diversos, promueve la creatividad y la comprensión de situaciones complejas, y permite crear un ambiente equilibrado donde todos los puntos de vista son valorados. La creación de modelos gráficos puede realizarse

en tiempo real durante sesiones colaborativas o a través de un proceso estructurado, con la posibilidad de contar con la guía de un facilitador para promover el consenso mediante preguntas estratégicas.

La derivación de modelos conceptuales se encontró solo a partir de los MM, generando diversos modelos, que son evaluados en términos de calidad mediante validación con usuarios, métricas y pruebas automáticas, asegurando una comprensión efectiva y una comunicación adecuada con los usuarios.

Se identificaron varios artículos que sugieren la existencia de mejoras en la facilidad de construcción de los MC y MM mediante la utilización de una notación explícita adecuada, basada en iconografía y palabras de conocimiento/entendimiento simples y generales por parte de los usuarios y los ingenieros de requisitos. A pesar de que los tres modelos visuales estudiados tienen una metodología de construcción bien definida, se han encontrado varios artículos que aportan alternativas de construcción (plantillas, notas, guía de preguntas) con potencial de aplicación. En los próximos trabajos se propone estudiar el nivel de mejora en cuanto a la eficacia y eficiencia que dichos modelos logran para su uso en la Ingeniería de Requisitos.

Por otro lado, varios artículos exponen diferentes técnicas, procedimientos y herramientas que han desarrollado para derivar diversos modelos conceptuales a partir de los modelos visuales, por lo que es necesario también estudiarlos con el propósito de identificar y replicar potenciales aplicaciones para derivar el modelo LEL a partir de los modelos visuales.

Referencias

1. Hadad, G.D.S.: Uso de escenarios en la derivación de software. Universidad Nacional de la Plata. Tesis de Doctorado. (2008).
2. Leite, J.C., Doorn, J.H., Kaplan, G.N., Hadad, G.D.S., Ridao, M.N.: Defining System Context using Scenarios. *Perspectives on Software Requirements*, Kluwer Academic Publishers. 169–199 (2004).
3. Ridao, M., Doorn, J.H.: Estimación de Completitud en Modelos de Requisitos Basados en Lenguaje Natural. *WER - Workshop on Requirements Engineering*. 146–152 (2006).
4. Hadad, G.D.S., Litvak, C.S., Doorn, J.H., Ridao, M.: Dealing with Completeness in Requirements Engineering. *Encyclopedia of Information Science and Technology*, Third Edition. 2854–2863 (2015).
5. Litvak, C.S., Hadad, G.D.S., Doorn, J.H.: Correcciones semánticas en métodos de estimación de completitud de modelos en lenguaje natural. *WER - Workshop on Requirements Engineering*. (2013).
6. Doorn, J., Hadad, G., Elizalde, M., Ridao, M., Casafuz, D., Sebastián, A., Riera, G.: Impacto del Proceso de las Entrevistas en la Calidad de los Modelos. 10° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información. (2022).
7. Sternberg, R.J., Sternberg, K.: *Cognitive Psychology*. Cengage Learning. 6ta edición. (2011).

8. Ferrari, A., Spoletini, P., Gnesi, S.: Ambiguity and tacit knowledge in requirements elicitation interviews. *Requir Eng.* 21, 333–355 (2016).
9. Kitchenham, B., Brereton, O.P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., Linkman, S.: Systematic literature reviews in software engineering. *Inf Softw Technol.* (2009).
10. Otero Arrascue, D.F.: Una revisión de la literatura acerca de la comprensión de requerimientos de software mediante el lenguaje natural. Universidad Señor de Sipán. (2019).
11. Quispe Vilchez, E., Pow-Sang Portillo, J.A.: Mind maps in requirements engineering: A systematic mapping. En: Marcus, A., Wang, W. (eds) *Design, User Experience, and Usability. Design Philosophy and Theory. HCI 2019. Lecture Notes in Computer Science.* 11583, (2019).
12. Leite, J.C., Franco, A.P.M.: A strategy for conceptual model acquisition. *IEEE International Symposium on Requirements Engineering.* 243–246 (1993).
13. Sebastián, A., Hadad, G.D.S., Robledo, E.: Inspección centrada en Omisiones y Ambigüedades de un Modelo Léxico. *20th Workshop on Requirements Engineering, Buenos Aires.* (2017).
14. Hadad, G.D.S., Doorn, J.H., Elizalde, M.C.: Uso de información elicitada en la ingeniería de requisitos: buenas prácticas. *Memorias del Simposio Argentino de Ingeniería de Software.* 9, 32–45 (2023).
15. Kotonya, G., Sommerville I: *Requirements Engineering: Processes and Techniques.* Wiley. (1998).
16. Popescu, D., Rugaber, S., Medvidovic, N., Berry, D.M.: Reducing Ambiguities in Requirements Specifications Via Automatically Created Object-Oriented Models. *Innovations for Requirement Analysis.* 5320, 103–124 (2008).
17. Novak, J., Cañas, A.: *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them.* Technical Report, Florida Institute for Human and Machine Cognition. (2008).
18. Buzan, T.: *El Libro de los Mapas Mentales.* Ediciones Urano. (2002).
19. Sibbet, D.: *Graphic facilitation.* Grove. (2006).
20. Fonseca, M.N.: *Requirement eliciting process: a method to analyze requirements through concept maps.* North Dakota State University. Tesis de Maestría. (2014).
21. Begosso, L.C., Begosso, L.R., Salvallagio, F., Lealdine, R.D.C., Vicente, K.A., Furlan, C.A.: Mind Maps: an alternative to improve quality and communication during the requirements engineering process. *IEEE Frontiers in Education Conference.* 1–5 (2023).
22. Wanderley, F., Silva, A., Araujo, J., Silveira, D.S.: SnapMind: A framework to support consistency and validation of model-based requirements in agile development. *IEEE 4th International Model-Driven Requirements Engineering Workshop.* 47–56 (2014).
23. Wanderley, F., Araujo, J.: Generating goal-oriented models from creative requirements using model driven engineering. *3rd International Workshop on Model-Driven Requirements Engineering.* 1–9 (2013).
24. Lopes Geraldino, G.S., Araya Santander, V.F.: Process of Transforming Requirements Elicited with MindMaps into iStar models. *Workshop em Engenharia de Requisitos.* 26, 1 (2023).