

MARCO METODOLÓGICO PARA LA GESTIÓN SISTÉMICA DEL CONOCIMIENTO^{1,2}

A methodologic framework for the
systemic management of knowledge

Recibido: 11 de abril de 2024
Aceptado: 9 de agosto de 2024

1- Jorge Rodas-Osollo, Doctor en Inteligencia Artificial. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
jorge.rodas@uacj.mx.  ORCID: 0000-0001-6588-8336

2- Karla Olmos-Sánchez*, Doctora en Ciencias de la Ingeniería . Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. kolmos@uacj.mx.
 ORCID: 0000-0002-9145-6761. *autora de correspondencia



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

RESUMEN

La tecnología desempeña un papel fundamental, influyendo en todos los aspectos de nuestra vida y marcando el comienzo de una era de transformación digital y cognitiva; aquellos que se adaptan a esta ingresan en la Era Cognitiva, donde la Inteligencia Artificial y las Tecnologías de la Información brindan soporte en la toma de decisiones. No obstante, esta transición puede generar ansiedad debido a la necesidad de implementar cambios organizacionales y tecnológicos rápidos y a menudo inadecuados, propiciados por una simplificación excesiva de dominios complejos para que sean más accesibles a la IA y las TI. Este artículo presenta el marco metodológico KMoS-SSA como una herramienta integradora que fusiona la Gestión del Conocimiento con el Enfoque Sistémico para desarrollar soluciones efectivas en dominios complejos. Este enfoque integral reconoce la importancia del conocimiento tácito de los especialistas y ofrece una vía adecuada para enfrentar desafíos asociados con la transformación digital y cognitiva.

Palabras clave: Transformación digital y cognitiva; Gestión del Conocimiento; Enfoque Sistémico; Representación del Conocimiento; KMoS-SSA.

ABSTRACT

In the contemporary era, technology has become a pervasive and pivotal force, exerting a profound influence on nearly every aspect of human life and heralding the advent of a transformative era characterized by digital and cognitive advancement; those who adapt to it enter the Cognitive Era, in which artificial intelligence (AI) and information technology (IT) support decision-making processes. Nevertheless, this transition can rise feelings of unease and apprehension due the necessity to implement swift and frequently misguided organizational and technological alterations, driven by an oversimplification of intricate domains with the intention of rendering them more accessible to AI and IT. This article presents the KMoS-SSA methodological framework as an integrative tool that merges knowledge management with the systems approach to develop effective solutions in complex domains. This holistic approach recognizes the importance of tacit specialist knowledge and offers a suitable way to address associated challenges with digital and cognitive transformation.

Keywords: Digital and Cognitive Transformation; Knowledge Management; Systemic Approach; Knowledge Representation; KMoS-SSA.

Clasificación JEL: L29, O32.

Introducción

En el contexto contemporáneo, las herramientas tecnológicas juegan un papel crucial en nuestras interacciones, tanto conscientes como inconscientes. La adopción de tecnologías avanzadas como soluciones basadas en internet, sensores, cómputo en la nube, ciencia de datos y aprendizaje automático, que se vuelven cada vez más accesibles y comunes, está impulsando una significativa transformación digital en América Latina. Esta transformación, a su vez, da paso a una emergente transformación cognitiva, caracterizada por esfuerzos de innovación en la denominada Era Cognitiva (EC). Estas soluciones digitales utilizan datos e información para optimizar flujos de trabajo y facilitar una toma de decisiones más ágil, además de ofrecer respuestas en tiempo real a las perturbaciones del entorno. Las organizaciones que han iniciado este proceso de transformación digital están adentrándose en la EC, donde la Inteligencia Artificial (IA) y las Tecnologías de la Información permiten la generación y adaptación de ideas, herramientas y soluciones creativas, favoreciendo una toma de decisiones más efectiva y la consecución de comportamientos deseados (Rodas-Osollo, 2023).

La EC, considerada la fase actual de la evolución tecnológica de la humanidad, ha generado una ansiedad constante por aprovechar todas sus herramientas, imaginadas o no, provocando cambios precipitados y transformaciones digitales o cognitivas inadecuadas. Esto se debe, principalmente, a una síntesis exagerada que simplifica en exceso los dominios intrínsecamente complejos, con el fin de mantenerlos asequibles y garantizar el éxito de las herramientas de inteligencia artificial (Larson, 2021).

Un dominio complejo se caracteriza por la gran cantidad de elementos interconectados, así como por la ambigüedad y la incertidumbre resultante de la poca formalización de sus conceptos, ya sea por su naturaleza incierta o por la falta de estructura; dando lugar a situaciones emergentes. Ejemplos de dominios complejos incluyen los sistemas socio-técnicos, los sistemas ambientales y los sistemas humanos. En estos contextos, el conocimiento de los profesionales altamente especializados, denominados especialistas del dominio (ED), evoluciona rápidamente, lo que genera *diferentes perspectivas del mundo* y, a veces, contradictorias entre ellos. En estos dominios, el conocimiento tácito (CT) adquiere gran relevancia debido al fenómeno de la emergencia -propiedades que surgen de la interacción de sus componentes y que no pueden ser explicadas únicamente a partir de los elementos individuales- lo cual exige mantener una visión sistémica y una gestión eficaz.

La simplificación excesiva en estos dominios limita, entre otras cosas, el apoyo a la toma de decisiones estratégicas y los cambios necesarios para la transformación efectiva del funcionamiento de todos los actores del dominio. Por tanto, es crucial reconocer las características de los dominios complejos para generar *soluciones digitales deseables, eficaces y factibles que realmente atiendan las necesidades estratégicas en estos dominios*. De lo contrario, una comprensión y tratamiento inadecuado de dichos dominios podría dar lugar a la creación de cuasi-soluciones negligentes e insuficientes, incapaces de apoyar una toma de decisiones eficaz.

El propósito principal de este artículo es comunicar que la construcción de soluciones digitales que aceleren la innovación en dominios complejos se ve favorecida al integrar teorías de la Gestión del Conocimiento (GC) y del Pensamiento Sistémico (PS). Algunos autores han trabajado con esta integración y han propuesto modelos como el *Enfoque Sistémico de Metasíntesis* (Gu, 2016; Gu y Tang,

2004), la *Ingeniería de Sistemas de Conocimiento* (Yang y Wan, 2004) y la *Metodología de Sistemas de Construcción de Conocimiento* (Nakamori, 2020). Sin embargo, estas propuestas no contemplan que la conceptualización y especificación de soluciones tecnológicas de vanguardia requiere conocimiento altamente especializado tanto en la aplicación como en la solución. Por lo tanto, los especialistas del dominio poseen conocimientos parciales y experiencia en ciertas áreas, y ninguno por sí solo tiene el conocimiento necesario para el desarrollo completo de las soluciones. Es esencial utilizar un enfoque sistémico flexible como un proceso de aprendizaje, en el que los ED, con conocimientos heterogéneos e intereses frecuentemente opuestos, puedan concretar este conocimiento en una solución tecnológica deseable, factible y efectiva.

Además, este artículo expone las características inherentes a estas situaciones complejas y nuestra estrategia particular para abordarlas, utilizando el *marco metodológico KMoS-SSA* (Rodas-Osollo et al., 2024). Este marco se compone del Ciclo de Creación del Conocimiento y de un Modelo de Proceso que guía la conceptualización, especificación y desarrollo de soluciones inteligentes en dominios complejos, utilizando la GC y PS. Esta integración original permite que KMoS-SSA no solo considere las diversas perspectivas y soluciones alternativas de los actores, favoreciendo el pensamiento holístico, sino también cómo estos participantes utilizan y comparten la información y el conocimiento.

Enfatizamos que nuestro enfoque difiere del abordaje tradicional que la inteligencia artificial realiza en los dominios complejos, que a menudo los simplifica en exceso y tiene dificultades para atender las complejidades al identificar y conceptualizar soluciones en dominios complejos.

Respecto del trabajo en dominios complejos tanto el PS como otras metodologías afines, como lo es la Metodología de Sistemas Flexibles (MSF) (Checkland y Poulter, 2020; Nikhlis et al., 2020), han demostrado su eficacia a la hora de proponer soluciones para diversos dominios complejos. Por ejemplo, en el ámbito educativo se plantean numerosas cuestiones complejas, como la mejora de las estrategias de promoción universitaria, acreditación de programas educativos. Del mismo modo, se plantean retos en dominios tan diversos como la gestión de residuos médicos peligrosos (Rohajawati et al., 2021), el diseño de artefactos interactivos en un ecosistema sanitario de precisión basado en blockchain (Zahid et al., 2022), y el apoyo a la toma de decisiones en la agroindustria del café (Hadi et al., 2023), la ciberseguridad (Aviad et al., 2016), entre otros. El empleo de un enfoque sistémico, concretamente MSF, ha facilitado la descomposición de estos complejos escenarios en componentes fundamentales, donde el esquema revela áreas de conflicto y discrepancia entre los diferentes actores y partes interesadas en cada dominio.

En síntesis, postulamos que abordar situaciones complejas mediante una combinación de la gestión del conocimiento y metodologías flexibles permite una adaptación continua del conocimiento en respuesta a la evolución de las circunstancias y promueve la inferencia abductiva, y no solo la inferencia inductiva y deductiva, para la creación de nuevas ideas. Así, profundizando en la GC y el PS, hemos diseñado un marco metodológico que ayuda a adquirir piezas de conocimiento que contribuyan a resolver los retos que plantean las situaciones complejas. Este marco procedimental (Olmos-Sánchez y Rodas-Osollo, 2020) incorpora herramientas derivadas tanto de la GC, en particular el tratamiento de conocimiento tácito (Nonaka), como de la MSF (Checkland y Poulter, 2020), tal y como se desarrolla en secciones posteriores.

1. Antecedentes

1.1. Pensamiento sistémico

Antes de introducir el concepto de pensamiento sistémico, es necesario aclarar dos enfoques para abordarlo. El primero, la perspectiva sistemática, implica seguir un método ordenado y estructurado para resolver problemas mediante un conjunto de pasos o procedimientos. El segundo, la perspectiva sistémica, se basa en el concepto de sistema, y considera los elementos como partes de un todo interconectado en lugar de analizarlos de manera aislada. Aunque a menudo se utilizan indistintamente, esta distinción puede variar según el contexto y las preferencias de distintos autores. En este artículo, empleamos la perspectiva *sistémica o pensamiento sistémico*, que se representará mediante el acrónimo PS.

La PS concibe un sistema como un conjunto interconectado de elementos que colaboran para lograr un propósito común. En lugar de analizar los componentes de forma aislada, esta prioriza una comprensión integral del sistema, enfocándose en cómo las partes se relacionan y se influyen mutuamente. Esta perspectiva busca comprender la complejidad del mundo en términos de conjuntos y relaciones, en lugar de descomponerlo en partes individuales, y pone énfasis en las interconexiones y la dinámica entre los elementos.

Los principios fundamentales de la PS (Reynolds y Holwell, 2020) incluyen el enfoque holístico, los circuitos de retroalimentación, la interconexión, la emergencia, la causalidad, los límites del sistema, la retroalimentación y el aprendizaje, y el cambio sistémico. Este enfoque, con una larga tradición, ha demostrado su eficacia y potencial transformador en campos como la gestión, la ingeniería, la ecología, la salud y las ciencias sociales, facilitando una comprensión integral de la dinámica sistémica y consolidándose en la Era Cognitiva (Nakamori, 2020).

Debido a su carácter holístico e interdisciplinario, el Pensamiento Sistémico ha dado lugar a diversas propuestas aplicativas, organizadas en una taxonomía con ideas y enfoques variados, algunos de los cuales son contrapuestos. Entre estos enfoques, destaca especialmente la Metodología de Sistemas Flexibles (MSF) (Checkland y Poulter, 2020; Reynolds y Holwell, 2020; Hanafizadeh y Mehrabioun, 2022).

Inicialmente, el PS se aplicó predominantemente en ciencia y tecnología, especialmente en áreas con estructuras bien definidas, donde los problemas se abordaban como sistémicos con objetivos específicos, utilizando métodos de ingeniería para optimizar y alcanzar metas. Sin embargo, Checkland (1989) argumentó que este enfoque resultaba inadecuado para situaciones complejas del mundo real. En respuesta, propuso un cambio de paradigma hacia una perspectiva flexible del PS, que incorpora dimensiones de las relaciones humanas y ciencias sociales, adaptándose así a la MSF.

1.2. Metodología de Sistemas Flexibles

La Metodología de Sistemas Flexibles (MSF) está diseñada para abordar problemas complejos en contextos en los que no existe una solución única y clara. Este enfoque prioriza la comprensión de las percepciones y necesidades de los actores involucrados, utilizando modelos conceptuales flexibles para explorar diversas perspectivas y formular soluciones viables social y políticamente. Su proceso incluye

la identificación del problema, el análisis de distintas perspectivas, la creación de un modelo conceptual holístico, la exploración de posibles soluciones y la selección por acuerdo, entre los actores del dominio, de la opción más aceptable y factible.

Las tres ideas clave de la MSF (Checkland y Poulter, 2020) son: (1) Rechazar la noción de que los sistemas del mundo real requieren reparación, en favor de aceptar la complejidad y el dinamismo del entorno. Esto implica un proceso de investigación sistémica que facilita el aprendizaje continuo mediante la creación de modelos de actividades sistémicas; (2) Reconocer y construir múltiples modelos de actividades sistémicas desde diversos puntos de vista, lo cual apoya la resolución de problemas complejos y la toma de decisiones estratégicas (Rodas-Osollo, 2023); (3) Plantear problemas complejos como situaciones que requieren modelos conceptuales para mejorar la comprensión y el aprendizaje, en lugar de simplificar los componentes del mundo real. La selección de una solución adecuada considera no solo las perspectivas actuales, sino también la historia, cultura y aspiraciones de los actores.

El enfoque de la MSF, al integrar la complejidad de los dominios en su totalidad y relaciones, se presenta como una herramienta valiosa para enfrentar desafíos persistentes. Proporciona métodos y herramientas para modelar comportamientos dinámicos, reflexionar críticamente y tomar decisiones estratégicas. En conjunto, estos métodos ofrecen un conjunto completo para gestionar la complejidad y facilitar soluciones satisfactorias en diversos contextos (Reynolds y Holwell, 2020).

1.3. Gestión del conocimiento

La Gestión del Conocimiento (GC) es un proceso integral que abarca la captura, almacenamiento, distribución y aplicación efectiva del conocimiento dentro de una organización. Este proceso incluye identificar el conocimiento crítico para el éxito organizacional, facilitar su intercambio entre los miembros de la organización y utilizarlo para mejorar continuamente los procesos y la toma de decisiones. Para que la GC sea efectiva, es crucial establecer una cultura organizativa que promueva el aprendizaje y la colaboración, valorando los errores como oportunidades de aprendizaje y reconociendo el intercambio de conocimientos.

Uno de los mayores retos en la GC es la gestión del conocimiento tácito (Polanyi, 1958), que se refiere al conocimiento intuitivo o experiencial que no puede describirse con precisión mediante símbolos escritos. Este tipo de conocimiento, fundamental en áreas como la ciencia, la tecnología y el aprendizaje en general, influye en las acciones y decisiones de manera implícita. A diferencia del conocimiento explícito, que puede documentarse fácilmente, el conocimiento tácito (CT) se basa en experiencias, valores y percepciones personales, y es difícil de formalizar.

El principio central del CT es la emergencia (Nakamori, 2020), que se refiere a las propiedades cualitativas que surgen de la interacción de las partes del sistema y que no se pueden entender solo analizando las partes individuales. Para captar estas propiedades emergentes se requiere intuición y perspicacia, es decir, la capacidad de sintetizar el conocimiento sistémico. Integrar conocimientos técnicos permite amalgamar fragmentos diversos, inferir un todo coherente y generar nuevos significados. Gestionar eficazmente el CT implica establecer mecanismos para compartir y transferir este conocimiento entre los miembros de la organización, promoviendo una cultura que valore y fomente su creación y difusión.

Aunque Polanyi estableció los fundamentos del CT, fue posteriormente que Nonaka desarrolló un

modelo para la obtención del conocimiento organizativo (Nonaka y Takeuchi, 2016). Este modelo busca convertir el conocimiento individual en conocimiento organizativo a través de procesos de socialización, externalización, combinación e internalización, con el fin de generar ventajas competitivas sostenibles.

1.3.1. Estrategia para la ingeniería de requisitos

En Olmos-Sánchez y Rodas-Osollo (2016) se propuso utilizar conceptos fundamentales de Polanyi y Nonaka en el marco de una Gestión del Conocimiento (GC) aplicada a la ingeniería de requisitos, a través de la estrategia conocida como KMoS-RE. Este enfoque facilita la conceptualización y especificación de soluciones en Dominios de Estructura Informal (DEI), donde la mayor parte del conocimiento es tácito y se basa en la experiencia. En estos dominios, los conceptos y sus relaciones suelen ser semiinformales y se definen por consenso.

La metodología KMoS-RE comprende cinco etapas para procesar el conocimiento en la resolución de problemas complejos dentro de los DEI: Elicitación de conocimientos, Integración de conocimientos, Aplicación de conocimientos, Validación de conocimientos e Intercambio de conocimientos. Estas etapas se integran en un ciclo continuo e iterativo de generación, verificación y validación de modelos, hasta que se especifica una solución que satisface las preferencias de los responsables de la toma de decisiones. KMoS-RE ha demostrado ser eficaz en diversos escenarios del mundo real, evidenciando su utilidad en la aplicación práctica de la GC en la ingeniería de requisitos (Olmos-Sánchez y Rodas-Osollo, 2016; Rodas-Osollo et al., 2021).

1.4. Incorporación de MSF en KMoS-RE

En última instancia, el argumento sostiene que la colaboración entre la Gestión del Conocimiento (GC) y el Pensamiento Sistémico (PS) enfrenta desafíos significativos, entre los cuales se incluye la integración del conocimiento tácito en el proceso de GC. Estos retos requieren la participación de un grupo especializado de profesionales y otros actores clave en el proceso emergente.

Tras explorar herramientas basadas en la filosofía del PS, se encontró beneficioso incorporar características de la Metodología de Sistemas Flexibles (MSF) en el proceso de gestión del conocimiento KMoS-RE. Esto implicó establecer una estructura fundamental que abarca herramientas, métodos y procesos para abordar eficazmente los complejos entornos de los dominios. Aunque la integración de tecnología de la información en la GC no es una idea nueva, y la colaboración entre GC y PS ya ha sido defendida, el enfoque actual se centra en aplicaciones sistémicas del conocimiento. Superar estos desafíos, especialmente al tratar con el conocimiento tácito y la gestión en dominios complejos, es crucial para optimizar el enfoque y fomentar la innovación.

1.4.1. ¿Por qué integrar herramientas de la filosofía del PS en KMoS-RE?

Como ocurre con todos los artefactos tecnológicos, tanto tangibles como intangibles, una integración de herramientas tienen ventajas y desventajas y son susceptibles de mejora. Diseñada para la obtención de requisitos de conocimiento, especialmente en la gestión del conocimiento tácito

(CT), KMoS-RE se enfoca en obtener conocimiento explícito del CT. Esta estrategia de ingeniería de requisitos distingue entre dos dominios que componen al dominio complejo: el dominio de aplicación y el dominio de solución (Larson, 2021), y asume la presencia de Especialistas del Dominio (ED) en ambos.

El objetivo principal de KMoS-RE es asistir en la conceptualización de soluciones para problemas en Dominios Complejos de Estructura Informal (DCEI). Utiliza conocimientos y herramientas para identificar fragmentos de conocimiento y modelar sus relaciones, generando modelos conceptuales que articulan requisitos funcionales y de conocimiento. Esto facilita la implementación de herramientas, frecuentemente herramientas inteligentes. Aunque la MSF no ofrece este enfoque integral, la filosofía sistémica puede reforzar a KMoS-RE evitando la simplificación excesiva del dominio complejo, considerando no solo la pericia técnica, sino también la cultura, influencia política y entorno de toma de decisiones.

Derivado de lo anterior, Rodas-Osollo et al. (2024) han establecido un marco metodológico denominado KMoS-SSA (del inglés *Knowledge Management of Strategic options through Soft Systemic Analysis*) que permite la GC a través de un análisis sistémico flexible. Este marco es una nueva y original forma de trabajar un dominio complejo operando en un ciclo continuo de obtención y validación del conocimiento explícito. Involucra a profesionales especializados y responsables de la toma de decisiones, y facilita la reflexión continua mediante la representación del dominio complejo en modelos que integran diversas perspectivas. Esto permite obtener, validar, debatir y compartir los conocimientos necesarios para desarrollar soluciones que sean eficientes y satisfactorias.

2. Dominio Complejo

En la presente Era Cognitiva, los modelos que comunican perspectivas del mundo real se integran en ecosistemas cognitivos (Rodas-Osollo, 2023). Estos ecosistemas delimitan dominios donde se toman decisiones y se emprenden acciones para abordar situaciones problemáticas (Rodas-Osollo et al., 2021). Para afrontar dichas situaciones, los actores humanos realizan funciones mentales de alto nivel para tomar decisiones basadas en la heurística, reglas empíricas inconscientes, emociones, torpeza y atajos; es decir, conocimiento tácito.

Desafortunadamente, con el auge de la tecnología informática en el siglo pasado, se ha tendido a simplificar en exceso los modelos y análisis de diversos ámbitos. Esta simplificación excesiva a menudo excluye la incorporación del pensamiento humano, la inteligencia, la intuición y el conocimiento experiencial en la conceptualización y especificación de soluciones. Estos aspectos, arraigados en situaciones humanas individuales y colectivas, están conformados por factores culturales, idiosincrásicos y sociales, incluidas las costumbres y prácticas (Larson, 2021).

La progresión de la Inteligencia Artificial (IA) y la búsqueda insatisfecha de una IA general han impulsado una reflexión continua sobre cómo interactuar con el mundo real, es decir, con los ecosistemas cognitivos y los dominios que los componen. En consecuencia, dependiendo de las problemáticas o necesidades que pretendamos atender o resolver, especialmente las que implican un componente humano importante, el dominio deja de ser simple para convertirse en complejo.

2.1. Definición del Dominio Complejo

La conceptualización y especificación de soluciones es un campo de la Ingeniería de Requisitos. En los albores de esta disciplina, los elementos que la conforman carecían de una estructura adecuada, lo que no permitía el desarrollo de procesos y técnicas apropiadas para su gestión. Jackson (2017) propone un modelo que ordena el área de Ingeniería de Requisitos y permite crear herramientas y procesos más adecuados para la búsqueda de requisitos en el desarrollo de soluciones de software. En su modelo, Jackson identifica dos dominios: el de aplicación y el de la solución. El primero es el dominio en el cual se necesita una solución y el segundo es el conocimiento necesario para alcanzar esta solución. En la intersección entre ambos se encuentra la conceptualización y especificación de la solución. Es decir, el ingeniero de requisitos debe incorporar el conocimiento necesario de ambos dominios en una solución deseable, factible y efectiva que cumpla con las necesidades del cliente o beneficiario final.

Olmos-Sánchez y Rodas-Osollo (2016) incorporaron a este modelo conceptos de gestión de conocimientos, considerando que los especialistas tienen un conocimiento parcial del dominio que depende de su rol en este. A lo largo de los años, este modelo se ha consolidado y, en nuestra experiencia, ha sido utilizado para representar situaciones complejas en diferentes ámbitos. Las particularidades del proceso de Ingeniería de Requisitos dependerán de la respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las características inherentes del dominio de aplicación? ¿Cuántos elementos componen el dominio? ¿Cómo es la interrelación de estos elementos? ¿Qué grado de formalidad tienen los conceptos y las relaciones entre los conceptos del dominio?
- ¿Cómo es el dominio de la solución? ¿Qué tipos de soluciones se estarán abordando? ¿Cuál es el alcance de las soluciones? ¿En qué grado permitirán la toma de decisiones estratégicas?
- ¿Cómo es el proceso de ingeniería de requisitos? ¿Cuántos especialistas del dominio estarán participando? ¿Cuántas áreas de conocimiento estarán involucradas en la solución?

Considerando estas preguntas, un Dominio Complejo de Estructura Informal (DCEI), tratado aquí como un dominio complejo, se distingue por la presencia de sus actores, que abarcan sus procesos cognitivos, comportamientos e interacciones con entidades (Figura 1). Los componentes de este dominio muestran intrincadas interconexiones que abordan diversos niveles de conocimiento y experiencia, donde los límites son intrínsecamente difusos. En consecuencia, el trabajo colaborativo se desarrolla de forma social, cultural, intuitiva y consensuada. Dentro de los componentes hay actores que comparten interconexiones que contienen tanto información explícita bien estructurada como conocimientos sin estructura o con poca estructura. Estos componentes contribuyen colectivamente a comprender la naturaleza del problema o la necesidad. Por lo que, surgen múltiples perspectivas del fenómeno que define el dominio complejo, lo que da lugar a una o más alternativas para abordarlo, con o sin una solución algorítmica. Es imperativo reconocer que el reto de la asimilación es intrincado y requiere la consideración de numerosos factores.

Normalmente, las personas u organizaciones que experimentan una situación, un problema o una necesidad desean soluciones inmediatas, pero cuando estas están delimitadas por un DCEI y se carece de conciencia de este, la inmediatez no es posible, lo que con frecuencia ocasiona intolerancia a la frustración. Es comprensible la falta de conciencia, pues esta se deriva de la naturaleza dinámica y cambiante de las actividades relacionadas con la situación problemática, lo que hace que la prevención sea inviable. Aunque la organización y los procesos pueden funcionar aceptablemente en condiciones estándar, la supervivencia en la EC exige innovación y paciencia.

Facilitar esta innovación requiere alteraciones, interacciones e interrelaciones entre los procesos, sus actores y los canales de comunicación entre ellos. El conocimiento del dominio sigue siendo incierto y ambiguo, y reside predominantemente en unos pocos responsables de la toma de decisiones, en particular los beneficiarios y los Especialistas del Dominio. Además, estos conocimientos son incompletos y presentan diversos grados de especificidad. Dado que lo ideal sería que una base de conocimientos incluyera conocimientos formales y explícitos, existen importantes lagunas entre la realidad y el estado ideal. En Rodas-Osollo (2023) se esboza un modelo del DCEI generalizado, pero especificando un poco más sus características es un dominio complejo pleno. Por tanto, la descripción de este DCEI puede formularse como sigue:

- Afrontar los retos inherentes a un DCEI exige la pericia de un equipo especializado de profesionales.
- La información y los conocimientos dentro de un DCEI son heterogéneos.
- La mayor parte del conocimiento en el DCEI es tácito, carente de estructura y poco práctico para comunicarlo eficazmente.
- Además el conocimiento altamente especializado, ya sea parcialmente explícito o incluso explícito, tiende a ser informal y se caracteriza por una estructura de información deficiente.
- El DCEI se caracteriza por altos niveles de ambigüedad e incertidumbre.

La presencia de un DCEI implica un esfuerzo de colaboración entre un conjunto de actores para comprender la problemática, la necesidad o situación a resolver, identificar los puntos débiles, convertirlos en oportunidades y obtener los requisitos de conocimiento de este dominio intrincado para proponer alternativas de satisfacción adecuadas. Estas características hacen difícil y compleja la comunicación eficaz entre los actores del DCEI. Esta comunicación supera la comprensión tradicional de la interacción interpersonal, que implica palabras habladas o escritas, gestos, expresiones emocionales o cualquier otra forma que modele el comportamiento social.

Además de la gran ambigüedad e incertidumbre que distingue a un DCEI, este puede estar conformado por diferentes dominios de conocimiento. Por lo que, al hacer referencia al conocimiento en un DCEI, debe comprenderse que como tal implica un metaconocimiento. Pues este incluye el conocimiento sobre el propio proceso de aprendizaje o conocimiento sobre el conocimiento. En otras palabras, incluye el ejercicio de reflexionar, monitorear y regular cómo se aprende y comprende los datos, información o conocimiento de los diversos dominios comprendidos en este. Implica tener conciencia de las estrategias cognitivas que se utilizan, reconocer las propias fortalezas y debilidades en el proceso de aprendizaje, y ser capaz de tomar decisiones conscientes sobre cómo abordar diferentes tareas de aprendizaje.

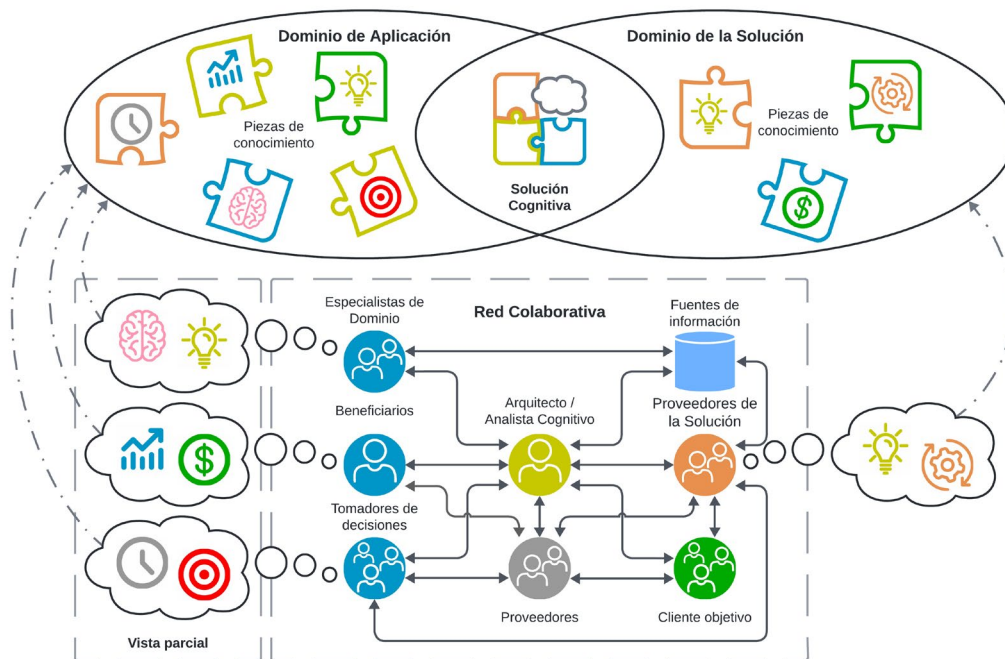
3. Gestión Sistémica del Conocimiento

La Gestión del Conocimiento y la modelización del dominio complejo, realizadas mediante el marco metodológico KMoS-SSA, implican acciones sistémicas que consideran la naturaleza interconectada y dinámica inherente al Dominio Complejo de Estructura Informal (DCEI). La Figura 1 ilustra las características de un Dominio Complejo de Estructura Informal (DCEI), el cual abarca tanto un dominio de aplicación como un dominio de solución. Los Especialistas del Dominio (ED) participan activamente en este contexto, aportando conocimientos parciales en función de sus diversas áreas de especialización y que. En conjunto conforman una vista del dominio que, aunque parcial ya permite actuar en el dominio. Su conocimiento es predominantemente tácito, informal y no estructurado, lo que se representa en la figura mediante nubes. Los conceptos y relaciones en el dominio son ambiguos y se derivan de la experiencia acumulada por los ED. El DCEI se caracteriza por su naturaleza dinámica y emergente, marcada por un flujo interactivo de eventos, ideas y conocimientos, que se ven influenciados tanto por fuentes internas como externas. El dominio de solución incluye a los proveedores, quienes son orquestados por el Arquitecto Cognitivo, responsable de supervisar la colaboración entre todos los actores involucrados. Estos proveedores contribuyen especialmente al desarrollo de soluciones, tanto tangibles como intangibles, guiados por los resultados de un proceso de abducción el cual favorece el enriquecimiento del conocimiento. Estas acciones se pueden enumerar de la siguiente manera:

1. Definición del DCEI y su Ámbito de Aplicación: Acciones orientadas a delimitar e identificar el DCEI objeto de análisis, estableciendo claramente sus límites y contexto. Se consideran las interconexiones y relaciones entre los distintos dominios que lo componen.
2. Identificación de los Actores del DCEI: Se procede a identificar y categorizar a los actores clave involucrados en el DCEI, tomando en cuenta sus perspectivas y roles dentro del sistema.
3. Análisis de Problemas y Necesidades: Análisis exhaustivo de los problemas y necesidades presentes dentro del ámbito definido, utilizando herramientas como entrevistas, encuestas y análisis de documentos para recopilar información y conocimientos sobre los desafíos existentes.
4. Reconocimiento de las Interconexiones: Se analizan las interconexiones entre los diferentes actores, elementos o componentes desde la perspectiva sistémica, identificando cómo los cambios en alguno de estos elementos pueden repercutir en otros.
5. Obtención de Requisitos: Se utilizan métodos como entrevistas, talleres y cuestionarios para obtener los requisitos de los responsables de la toma de decisiones y otros actores relevantes del DCEI. Se busca especialmente la participación de los responsables de la toma de decisiones para comprender sus expectativas y necesidades.
6. Análisis de Contingencias y Escenarios: Se exploran diversos escenarios y situaciones para comprender las contingencias y posibles variaciones en el comportamiento del dominio, identificando requisitos que aborden todos los escenarios potenciales dentro del DCEI.

7. Modelización del DCEI a través del Conocimiento del Dominio: Se recurre a herramientas de modelado para representar visualmente las piezas de conocimiento, requisitos y otros elementos pertinentes mediante imágenes, descripciones documentadas, diagramas de casos de uso, diagramas de flujo y modelos conceptuales. El propósito radica en mejorar la comunicación y asegurar la comprensión entre todos los actores del dominio. Documentación de la Adquisición de Elementos de Conocimiento y su Impacto en el DCEI: Se elabora una documentación exhaustiva que abarca todas las prioridades y restricciones derivadas de las preferencias de los actores dentro del DCEI, especialmente de los tomadores de decisiones. Además, se incluye toda la información relevante sobre las piezas de conocimiento identificadas, entre otros datos pertinentes.
8. Gestión de Cambios: Se establece un proceso para gestionar los cambios en los requisitos a lo largo del tiempo, considerando la evolución continua del DCEI y su impacto en los requisitos.

Figura 1. Dominio Complejo de Estructura Informal (DCEI)



Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior se dilucida que un proceso de obtención de conocimientos, requisitos y modelado de dominios para navegar por la complejidad intrínseca de DCEI debe reconocer las múltiples dimensiones, interconexiones y dinámicas inherentes a estos entornos. Donde, la colaboración activa entre todos los actores del dominio, resaltando la participación de los responsables de la toma de decisiones y el compromiso con la adaptabilidad en medio del cambio continuo son aspectos fundamentales de este enfoque sistémico.

3.1. Bucles para la Obtención del Conocimiento Enriquecido

Los bucles para la obtención del conocimiento enriquecido se representan como un proceso cíclico de bucles simétricos que convergen en el centro, formando una estructura horizontal infinita, como se ilustra en la Figura 2. Este ciclo implica dos conjuntos de etapas de límites difusos: las alineadas con el PS y las asociadas con las aplicaciones del mundo real. Aunque el arquitecto cognitivo suele coordinar las acciones de este ciclo, se fomenta la participación activa de analistas cognitivos, especialistas, proveedores de soluciones y responsables de la toma de decisiones. Estas acciones giran en torno a la adquisición, ampliación y perfeccionamiento constante del conocimiento del dominio para sustentar la conceptualización y construcción de alternativas para resolución de problemas o atención de necesidades. El compromiso continuo en el ciclo contribuye a la expansión y profundización de la comprensión del dominio. Aunque los detalles específicos de cada conjunto de etapas pueden variar en función de las características del DCEI analizado, un conjunto fundamental de etapas que contempla el PS incluye típicamente:

Etapas Elicitación del Conocimiento (ElicCon): La elicitación de conocimientos constituye una etapa en la que se desarrolla un proceso sistemático que comprende la identificación, obtención y organización del conocimiento relevante para comprender un ámbito específico. La información pertinente, que conforma a las piezas de conocimiento, proviene de diversas fuentes, tales como ED, usuarios del conocimiento, clientes, beneficiarios y otros actores relacionados. Este procedimiento es esencial para profundizar en las necesidades y expectativas de los beneficiarios, garantizando que cualquier solución propuesta se ajuste a sus conocimientos y requisitos funcionales. Normalmente, se inicia con la identificación clara de la problemática o necesidad específica, definiendo su alcance y estableciendo los límites del área de conocimiento a adquirir. Se identifican los actores clave, tales como individuos, grupos o entidades relevantes en el ámbito, junto con sus respectivas funciones y perspectivas. El proceso abarca la meticulosa identificación, análisis y evaluación de fuentes de información tanto internas como externas, considerando factores como la fiabilidad, pertinencia y oportunidad. Se diseñan estrategias para la recopilación de información y el desarrollo de piezas de conocimiento, seguidas de la recogida y análisis de datos. El conocimiento tácito, no documentado explícitamente, se obtiene de los especialistas mediante entrevistas u otros tipos de interacción con ellos. Se procede con la modelización del conocimiento utilizando modelos conceptuales o representaciones visuales del mismo. Se implementan mecanismos de validación y retroalimentación para verificar la integridad y coherencia de los conocimientos adquiridos, donde los ED junto a otros actores clave en el dominio proporcionan retroalimentación para corregir posibles errores. Luego se procede con la documentación, organizando los conocimientos identificados de manera accesible y estructurada, dado que la aplicación y transferencia de conocimientos implica poner en práctica los adquiridos, facilitados mediante la capacitación y una comunicación efectiva. La evaluación continua es integral e implica la supervisión del desempeño de todas las actividades que emplean el conocimiento, incluyendo, por supuesto, las soluciones cognitivas, y la evolución adaptativa del conocimiento en respuesta a los cambios en el dominio. Este proceso es iterativo y dinámico, reconociendo que el conocimiento evoluciona con el tiempo y la experiencia. La colaboración activa con los especialistas y la retroalimentación continua son componentes esenciales de un proceso efectivo de adquisición de conocimientos. Finalmente, es importante destacar que el ciclo de enriquecimiento del conocimiento comienza con esta etapa.

Etapa de Enriquecimiento del Conocimiento (EnrCon): Esta fase implica una reflexión exhaustiva y validación de las piezas de conocimiento recopiladas, evaluando su pertinencia y conexión con la problemática desde la perspectiva de cada especialista. Se realiza una evaluación crítica de la calidad de la información obtenida, así como de su relevancia. Además, se establece un marco organizativo que proporciona una estructura fundamental para comprender las relaciones y los patrones, con el propósito de construir alternativas basadas en fragmentos de conocimiento validados. Este proceso requiere una exploración continua y la adquisición permanente de conocimientos, asegurando que todos los actores se mantengan enfocados en la problemática y sus cuestiones asociadas, manteniendo definiciones claras y sin ambigüedades. También implica una búsqueda continua y la obtención de información relevante de diversas fuentes. Estas acciones se llevan a cabo tanto para enriquecer el conocimiento proveniente de los ED, especialmente del dominio de aplicación, como para el dominio de la solución, con la participación de proveedores de soluciones y responsables de la toma de decisiones.

Etapa de Generación de Modelos (GenMdl): La etapa comprende la realización de experimentos, proyectos o modelos con el fin de autentificar y reforzar el conocimiento adquirido. La utilización de herramientas de modelización apropiadas es crucial para generar artefactos que representen de manera efectiva un dominio y las posibles soluciones. Entre estas herramientas se incluyen modelos lingüísticos, modelos conceptuales, modelos de objetivos estratégicos, matrices de conocimiento, modelos de sistemas pertinentes, una guía de discusión y reflexión (PQR), una herramienta que facilite la comprensión de diversas dimensiones y consideraciones en el análisis (CATWOE) y las definiciones de raíz.

Etapa de Discusión del Modelo (DiscMdl): Esta etapa ocupa una posición central dentro del ciclo, ya que representa la integración del mundo real con el PS. Esta etapa se destaca como una de las más relevantes, donde se presentan y explican los modelos a los especialistas. El conocimiento compartido en esta instancia no solo tiene el propósito de validar que los modelos representen de manera precisa la realidad del dominio, sino que también desempeña un papel fundamental en fomentar la reflexión entre los ED acerca de su cosmovisión, lo que les permitiría ajustar su esquema cognitivo. Además, los ED tienen la oportunidad de examinar los conocimientos de sus pares y, de manera colaborativa, tomar decisiones sobre la estructura del dominio y explorar posibles soluciones alternativas.

Etapa de Validación del Modelo (ValMdl): La etapa implica una evaluación meticulosa de la correspondencia del modelo con la realidad, ofreciendo reflexiones críticas y proporcionando retroalimentación. El proceso de validación se enfoca en garantizar que el artefacto -pretendotipos y prototipos- satisfaga los requisitos y expectativas del beneficiario en relación con su situación problemática, comprendiendo cómo aborda eficazmente dicha situación. En este contexto, el arquitecto cognitivo coordina un debate en el que participan todos los actores del dominio, incluidos los analistas cognitivos, los ED y los responsables de la toma de decisiones. Además, se analizan los resultados y experiencias, se recopilan los comentarios de los especialistas y se evalúa si es necesaria la incorporación de especialistas adicionales o de ajustar la participación de algunos. Las deficiencias identificadas señalan las áreas que requieren un mayor conocimiento. Los artefactos se perfeccionan y mejoran, ajustando conceptos o planteamientos en función de la reflexión y retroalimentación recibidas. Finalmente, una verificación exhaustiva garantiza que los artefactos generados cumplan con los requisitos identificados en la etapa *EnrCon*.

Etapa de Reflexión y Abducción (RefAbd): Esta etapa implica una reflexión profunda sobre modelos y posibles soluciones. En este contexto, el arquitecto cognitivo coordina un análisis y debate que involucra

a todos los actores del dominio, incluyendo analistas cognitivos, expertos del dominio y, de manera obligatoria, a todos los responsables de la toma de decisiones. Esta etapa guía la abducción que debe llevarse a cabo y se puede describir generalmente a través de los siguientes pasos:

- **Observación, revisión y reflexión:** Se presentan datos, información y hechos que requieren explicación, así como propuestas de modelos conceptuales sobre la situación actual y las soluciones potenciales.
- **Hipótesis:** Se generan posibles explicaciones -modelos o posibles soluciones- que podrían dar cuenta de las reflexiones previas.
- **Evaluación:** Se selecciona la hipótesis -modelo o posible solución- más plausible, que suele ser la que mejor se ajusta a lo obtenido en el primer paso y que, por lo general, requiere menos suposiciones adicionales.

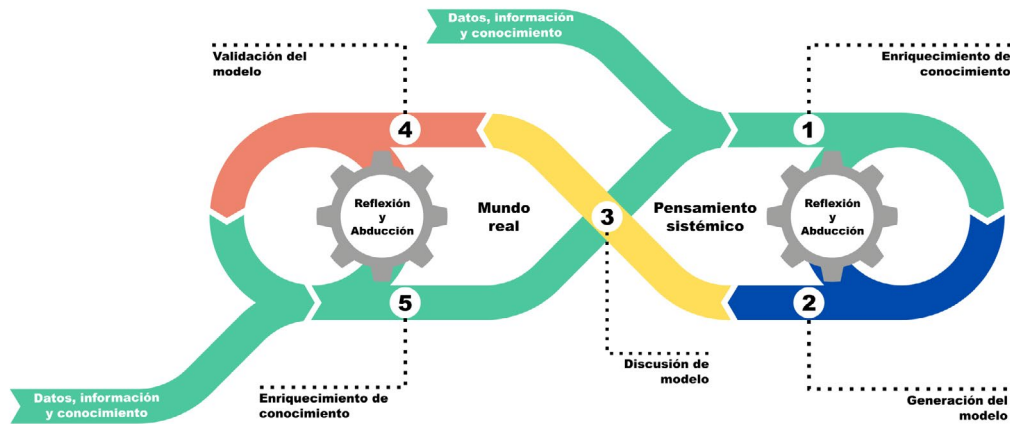
Es fundamental resaltar que cada etapa implica acciones destinadas a facilitar la recopilación, la comunicación y el intercambio de conocimientos. Estas actividades comprenden acciones dirigidas a comprender el DCEI, tales como la realización de entrevistas, la transcripción de las mismas y la identificación/selección de fuentes de información tanto internas como externas. Dichas actividades contribuyen a una descripción exhaustiva del dominio, abarcando elementos como actores, roles, valores, normas, símbolos, requisitos, conceptos y relaciones inherentes al mismo. Es esencial garantizar una comunicación clara y precisa de los conceptos y conclusiones, compartiendo todas las piezas validadas del conocimiento con cada participante en el dominio. Esta práctica, ya sea mediante presentaciones, publicaciones o interacciones entre los participantes, fortalece el conocimiento colectivo. La adquisición de conocimientos se logra al precisar la situación problemática y sus cuestiones asociadas, asegurando una definición clara e inequívoca. También implica buscar y obtener activamente información pertinente de diversas fuentes. Es importante tener presente que los ciclos suelen mantener esta estructura, ya que retornan constantemente al inicio del ciclo, pero partiendo del conocimiento colectivo actualizado. Por consiguiente, se tratan de bucles iterativos para la obtención del conocimiento enriquecido del conocimiento, en el que el aprendizaje continuo implica mejoras y adaptaciones constantes. La capacidad de identificar incógnitas, aplicar nuevos conocimientos y compartir descubrimientos resulta fundamental para que el ciclo de enriquecimiento de conocimientos sea eficaz.

Existen varias técnicas y herramientas que pueden emplearse para llevar a cabo las diversas acciones en cada etapa, y la selección de las mismas depende de las características específicas del problema y su dominio. Por ejemplo, realizar un análisis detallado de las relaciones entre los componentes del sistema resulta útil para identificar interconexiones. Herramientas visuales como los mapas conceptuales o los diagramas de influencia pueden contribuir a visualizar estas interconexiones. La modelización de los circuitos de retroalimentación a través de representaciones visuales facilita la exploración de cómo los cambios en un área afectan a otras. Los diagramas que ilustran los circuitos de retroalimentación son valiosos para comprender cómo las acciones afectan al sistema a lo largo del tiempo, distinguiendo entre retroalimentación positiva (cambio) y negativa (ausencia de cambio) para comprender los efectos de amplificación o estabilización.

El reconocimiento de las emergencias implica recopilar y categorizar comportamientos emergentes, monitorear continuamente resultados inesperados y adaptarse a cambios no atribuidos directamente a

elementos individuales. En cuanto a las consideraciones de dominio, es pertinente analizar los factores contextuales que influyen en el enfoque del sistema, explorar las relaciones causales complejas y no lineales y utilizar mapas contextuales para visualizar la amplitud del dominio. Para respaldar el enfoque holístico y distinguir patrones, el análisis de datos y la observación pueden ayudar a identificar patrones recurrentes. La implementación de sistemas de retroalimentación para la evaluación de resultados y el establecimiento de procesos continuos de aprendizaje organizativo resultan útiles para la retroalimentación y el aprendizaje continuo. Perseguir el cambio sistémico implica realizar análisis de las causas profundas para abordar los problemas en su origen, proponer cambios significativos en las estructuras y procesos del dominio, y diseñar y ejecutar intervenciones estratégicas para lograr mejoras sostenibles. Estas acciones suelen llevarse a cabo de manera iterativa y colaborativa, involucrando a diversos actores y utilizando herramientas específicas basadas en los requisitos del análisis sistémico.

Figura 2. Bucles para la Obtención del Conocimiento Enriquecido



Fuente: Elaboración propia.

El ciclo de enriquecimiento de conocimientos se representa visualmente como un proceso cíclico de bucles simétricos que convergen en el centro, formando una estructura horizontal infinita. Este ciclo consta de dos conjuntos de etapas con límites difusos: aquellas alineadas con el pensamiento sistémico (Dominio de la solución) y las conectadas con alternativas del mundo real (Dominio de aplicación). Dentro del ciclo, las etapas activas se identifican mediante círculos numerados y colores asociados. Es de suma importancia resaltar que la etapa de enriquecimiento del conocimiento se integra en ambos ciclos, y la etapa de discusión del modelo los conecta intrincadamente. Además, en ambos ciclos se llevan a cabo de manera sistemática actividades de reflexión y abducción.

3.2. Esquema de trabajo guiado por MSF

Esta subsección presenta una visión general de los pasos y acciones del PS integrada en el marco KMoS-SSA. Se sostiene que el KMoS-SSA desarrolla un esquema de trabajo estructurado que incorpora los principios y herramientas de la GC, así como MSF, entre otros (Rodas-Osollo, 2023). A continuación se descri-

be la secuencia de acciones a través de los componentes en el marco como se aprecia en la Figura 3 y donde esta comienza en el punto etiquetado como “inicial” y se continua hasta alcanzar el punto “final”:

1. La evaluación, junto con las acciones subsiguientes, permite discernir el DCEI o la situación problemática que requiere una intervención. Esto implica examinar las características del dominio para determinar la existencia de conocimiento tácito, ambigüedad e incertidumbre, así como identificar a los actores relevantes, incluidos los especialistas, los beneficiarios, las partes interesadas, los usuarios, los clientes y otros participantes fundamentales. Es fundamental comprender sus puntos de vista, funciones y contribuciones dentro del contexto, así como identificar las fuentes de información pertinentes e iniciar los ejercicios iniciales para construir una estructura de dominio. Los pasos iniciales del esquema se representan en la sección central de la Figura 3, con el indicador de “inicio” seguido de la etapa de *ElicCon*.
2. La toma de decisiones se facilita mediante el uso de herramientas del PS, en la que participan todos los actores, especialmente los ED y los responsables de la toma de decisiones (ubicados en el diamante central inferior de la Figura 3). Entre las herramientas que facilitan esta labor se encuentran las imágenes enriquecidas y el análisis de clientes, partes interesadas, transformación, visión del mundo, propietario y limitaciones del entorno (CATWOE) para captar diversas cosmovisiones.
3. Se procede entonces al encuadre y conceptualización del problema, que abarca aspectos sociales, culturales y políticos. Durante la etapa de *DiscMdl*, se discuten los modelos, ilustrando el problema, los conocimientos relativos al mismo y las relaciones dentro del DCEI, culminando con su validación en la etapa de *ValMdl*. Cabe destacar que este encuadre implica actividades de GC para representar la información a través de modelos y proporcionar estructura al conocimiento adquirido. Las actividades del enfoque sistémico intervienen para comprender el dominio desde una perspectiva más amplia, abarcando las interconexiones dentro del DCEI. Los objetivos estratégicos se modelan y sincronizan con las metas deseables, garantizando así la viabilidad y conveniencia de las soluciones. Es importante recordar que todas las actividades se alinean coherentemente con el enfoque sistémico en las distintas etapas de modelación, incluida la del conocimiento y la de los aspectos funcionales de la solución propuesta.
4. En el contexto de la operación del DCEI, las tareas recurrentes de reflexión y verificación (secciones en los extremos central derecho y central izquierdo en la Figura 3) adquieren una importancia primordial. Estas tareas desempeñan un papel fundamental en garantizar la precisión y exactitud tanto de la información como de los modelos concebidos. Además, examinan la comprensión del DCEI y la alineación de las alternativas de solución propuestas con el auténtico contexto situacional. La ambigüedad se aborda sistemáticamente a través de estos procesos, ofreciendo a los actores la oportunidad de reevaluar los supuestos, las interpretaciones y los modelos. La verificación establece la fiabilidad y validez de la información utilizada en los

procesos de toma de decisiones. Este enfoque promueve una cultura de aprendizaje continuo, alentando a los actores a revisar experiencias, discernir ideas valiosas y adaptar sus metodologías en consecuencia. Al aprender de los errores o malentendidos, la verificación contribuye al perfeccionamiento progresivo de acciones para la resolución de problemas. La confianza de los actores, particularmente especialistas y beneficiarios, se refuerza a medida que buscan garantías de la solidez de las alternativas de solución generadas. La verificación sirve de testimonio de la credibilidad de la información y los modelos adquiridos, lo que infunde confianza en el proceso de toma de decisiones. Además, estos procesos fundamentan la toma de decisiones al permitir a los actores evaluar críticamente las alternativas propuestas, considerar perspectivas alternativas y evaluar los impactos potenciales. La verificación garantiza que las decisiones se basen en información validada y fiable, lo que facilita una toma de decisiones más esclarecedora y eficaz. El perfeccionamiento iterativo de modelos, estrategias y acciones se ve facilitado por la asimilación de las lecciones derivadas de la reflexión y los conocimientos obtenidos mediante la verificación. Se agiliza el cumplimiento de las normas de calidad, sobre todo en los ámbitos en los que la reflexión y la verificación asumen un rol fundamental en el cumplimiento de las normas prescritas. Además, estos procesos contribuyen a la creación de consenso mediante una revisión transparente de la información y los modelos. Esta transparencia permite a los actores alinear sus perspectivas, mitigando así los conflictos y fomentando una mejor colaboración.

5. La etapa *EnrCon* reviste una importancia primordial en el abordaje del DCEI, especialmente en el contexto de la toma de decisiones concernientes a las alternativas de solución. Durante esta fase, se incrementa tanto la cantidad como la calidad de los conocimientos relacionados con las posibles alternativas de solución, a la par que se eliminan los conocimientos erróneos. Esto contribuye significativamente a mejorar la comprensión del problema, reducir las incertidumbres, identificar alternativas y respaldar la mejora continua del proceso. Como resultado, se facilita la adopción de decisiones más sólidas y eficaces. Por consiguiente, el enriquecimiento del conocimiento, tanto antes como después de la elección de una alternativa de solución, se considera esencial para garantizar que las decisiones estén fundamentadas en información adecuada, sean eficaces y se adecuen a las complejidades inherentes a un DCEI. La ubicación de *EnrCon* (en la parte central de la figura, cercana al objetivo identificado como "fin"), resalta su rol central en el proceso de toma de decisiones.
6. En los DCEI se acumula una vasta cantidad de datos e información que constituyen un valioso acervo de conocimiento. Estos datos e información pueden provenir tanto de fuentes explícitas internas como externas al dominio. Por ende, se considera indispensable realizar un análisis exhaustivo de los mismos, así como de la experiencia y la literatura científica relacionada (ubicados en la parte superior central de la Figura 3). Este proceso analítico establece una base sólida para la toma de decisiones, reduciendo las incertidumbres inherentes, optimizando la utilización de los recursos

disponibles, fomentando la innovación y facilitando la mejora continua en contextos de gran complejidad. El análisis desempeña un rol fundamental en la toma de decisiones informadas, la identificación de patrones, la reducción de la incertidumbre, la optimización de recursos, el fomento del aprendizaje, el respaldo a la validación del conocimiento y la información, así como el estímulo potencial de la innovación en estos ámbitos.

7. La etapa de *GenMdl* (situada en el centro de la Figura 3) crea una representación, aunque parcial, de una estructura potencial dentro de un DCEI. Esto implica capturar los componentes clave, las relaciones y la dinámica del dominio. Este proceso facilita una comprensión más completa de la intrincada naturaleza del dominio, lo que permite a los actores obtener una mejor comprensión del problema o situación en cuestión. Un modelo sirve de marco visual o conceptual que ayuda a comunicar ideas complejas y a identificar las interconexiones entre los distintos elementos del ámbito. Esto fomenta la colaboración y la comprensión compartida entre los actores, incluidos los especialistas, los beneficiarios y los responsables de la toma de decisiones. Además, un modelo bien construido contribuye a la tarea de análisis de la información ayudando a identificar patrones, tendencias y posibles interdependencias dentro del dominio complejo. La participación en la *GenMdl* no sólo contribuye al análisis de la información, sino que también anima a los actores a articular sus conocimientos tácitos, supuestos y modelos mentales. Esto, a su vez, fomenta una experiencia de aprendizaje compartido. El proceso de *GenMdl* proporciona una plataforma para que los actores reflexionen colectivamente sobre sus perspectivas y puntos de vista, promoviendo una comprensión más profunda y matizada del ámbito.
8. En este contexto, la determinación de la idoneidad de una solución (diamante central superior en la Figura 3) implica una evaluación exhaustiva que abarca diversos factores inherentes al DCEI. Esta evaluación se centra en la comprensión de las perspectivas de los actores involucrados, el continuo enriquecimiento del conocimiento, la validación y verificación exhaustiva de modelos y alternativas a través de debates y reflexiones, así como la alineación con los objetivos estratégicos de los beneficiarios y la toma de decisiones fundamentadas. La búsqueda de consenso y de una comprensión colectiva son esenciales para determinar si una propuesta de solución aborda de manera adecuada las complejidades y desafíos presentes en el DCEI. Esto requiere considerar cuidadosamente cada aspecto mencionado, permitiendo a los actores evaluar de manera integral la efectividad y pertinencia de la propuesta de solución.

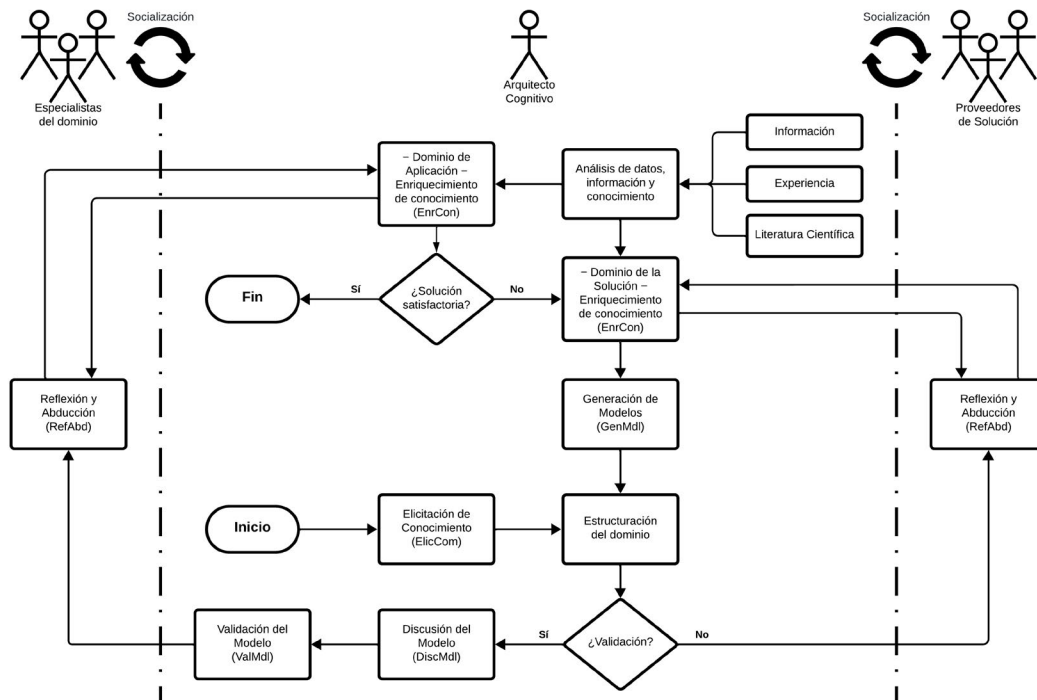
El marco KMoS-SSA adopta un enfoque sistemático y de gestión del conocimiento que destaca la importancia de un abordaje holístico del DCEI. Este enfoque aborda de manera exhaustiva tanto los elementos estructurados como los no estructurados del dominio complejo, teniendo en cuenta las dimensiones sociales y culturales inherentes a la situación problemática en consideración.

4. Discusión y trabajo futuro

El presente artículo destaca que el marco KMoS-SSA proporciona soluciones prácticas a instituciones, organizaciones o empresas que buscan mitigar los impactos de los problemas dentro de un DCEI. Específicamente, en el ámbito del estrés laboral, donde están emergiendo los primeros resultados positivos del KMoS-SSA, el marco contribuye significativamente al diálogo en curso sobre estrategias eficaces de gestión de este DCEI en particular.

Durante los últimos 10 años, el marco KMoS-SSA y su antecedente KMoS-RE, han trabajado con éxito en DCEI, resolviendo dos problemáticas por año, lo que equivale a 20 de 20 resueltas, con un 95.243% de satisfacción de los beneficiarios. El marco ha abordado una amplia gama de dominios complejos, desde la atención médica y la educación hasta la logística y el diseño. Estos proyectos involucran el desarrollo de herramientas, sistemas y modelos diseñados para mejorar la cognición humana, promover comportamientos saludables y mejorar la eficiencia de procesos complejos. El enfoque del KMoS-SSA en los requisitos de conocimiento, la arquitectura y la representación del conocimiento ha permitido el desarrollo de soluciones innovadoras para problemas del mundo real, como la prevención de enfermedades crónicas, la optimización de operaciones logísticas y el desarrollo de juegos educativos para niños.

Figura 3. Modelo de Proceso KMoS-SSA



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3 contiene la representación sintética del marco KMoS-SSA, visualizando las etapas y actividades fundamentales para la GC. Los cuadros rectangulares denotan las etapas y sus respectivas actividades, mientras que los rombos simbolizan las decisiones. Los puntos “inicial” y “final” se señalan con elipsis. En la parte superior, las figuras humanas representan los principales actores de un DCEI, así como sus interacciones.

Es importante recordar que el antecedente de KMoS-SSA se ha centrado en el uso de técnicas de análisis de requisitos, enriquecidas con técnicas de psicología y comunicación, para el diseño de soluciones cognitivas, especialmente en un DCEI. En este sentido, el KMoS-SSA ha permitido definir requisitos de conocimiento y obtener las piezas de conocimiento necesarias para el desarrollo de las soluciones. Ha demostrado ser particularmente útil en DCEI, donde la definición de componentes y la determinación de piezas de conocimiento se abordan de manera colaborativa entre todos los actores del dominio.

Las soluciones convencionales pueden ser insuficientes para abordar las intrincadas problemáticas presentes en los DCEI, lo que subraya la importancia de adoptar enfoques innovadores y adaptables, incluida la integración de tecnologías cognitivas como algunas herramientas de IA.

Históricamente, tanto las tácticas centradas en el enfoque sistémico como aquellas relacionadas con la gestión del conocimiento han enfrentado notables desafíos al aplicarse de manera individual a dominios complejos, como la gestión medioambiental y empresarial (Saadah, 2010; Olmos-Sánchez y Rodas-Osollo, 2022), las problemáticas sociales y de salud mental (Trochim et al., 2006; Rodas-Osollo y Olmos-Sánchez, 2022), así como la sostenibilidad (Tona y Asa, 2023), entre otros. En consecuencia, estos desafíos persisten debido a la complejidad inherente de tales asuntos. La convergencia y armonización de perspectivas, cosmovisiones y prácticas de gestión del conocimiento, entre otros factores, presentan complejidades que demandan la formulación de filosofías o enfoques integrados para abordar eficazmente la complejidad de los DCEI. En este sentido, el marco KMoS-SSA emerge como una opción idónea para la gestión del conocimiento con un enfoque sistémico.

En su evolución actual, en 2024, el KMoS-SSA se ha fortalecido mediante la incorporación de enfoques sistémicos, en particular a través de intervenciones basadas en métodos de sistemas flexibles. Esto ha generado un nicho de oportunidad significativo para abordar situaciones del mundo real caracterizadas por interacciones complejas, diversas perspectivas y la gestión de relaciones de poder en el contexto de la Era Cognitiva (Rodas-Osollo et al., 2024). La inclusión de estos enfoques tiene como objetivo principal facilitar y promover la gestión sistemática del conocimiento.

Un ejemplo relevante que ilustra estos conceptos es el DCEI relacionado con el desarrollo de soluciones inteligentes para la prevención de enfermedades crónico-degenerativas y la gestión de la salud física y mental de las familias. Esta problemática presenta un desafío intrincado que se ve exacerbado en la Era Cognitiva y es de suma importancia debido a sus consecuencias adversas para la salud pública, la economía y la sociedad en general.

La prevención de enfermedades crónico-degenerativas y la gestión de la salud constituyen un dominio complejo, como lo evidencian sus características: la diversidad de especialistas involucrados en distintas áreas de la salud, los diferentes modelos mentales de la población en relación con su propia salud -que se derivan tanto de la formación como de la falta de formación en cuestiones de salud, así como de la cultura en la que se desenvuelven-, la existencia de múltiples modelos teóricos sobre la salud pública, y la constante evolución del conocimiento médico. En este dominio, el marco metodológico KMoS-SSA ha

sido aplicado con la colaboración de aproximadamente 20 especialistas en diversas áreas de la medicina y tomadores de decisiones en salud pública, generando un prototipo de aplicación destinado a la prevención de enfermedades crónico-degenerativas y a la gestión de la salud familiar.

Es crucial reconocer que los dominios complejos constituyen un aspecto intrínseco de la vida cotidiana, trascendiendo instancias específicas como el relacionado con el cuidado de la salud, la gestión ergonómica en cadenas de suministro, estudios de género en la industria e incluso en educación. En otras palabras, los DCEI impregnan todos los contextos en los cuales las personas emplean conocimientos para la toma de decisiones, la resolución de problemas y la satisfacción de necesidades. Por ende, marcos como el KMoS-SSA resultan de gran utilidad para abordar eficazmente estos dominios, ya sea a escala industrial o institucional, local o global, o en cualquier organización que involucre procesos de transformación cognitiva.

A pesar de los resultados positivos obtenidos, el esfuerzo realizado no es suficiente, ya que los DCEI, lejos de ser problemas en sí mismos, representan oportunidades interesantes para modelar aspectos del mundo real, así como para representar y resolver situaciones intrincadas. Con el objetivo de trascender los límites actuales y generar nuevos avances, estamos trabajando en potenciar aún más el marco KMoS-SSA a través de tres tesis doctorales que se encuentran en curso, las cuales abordan diversos aspectos de un DCEI.

Una de estas tesis se centra en el desarrollo de un metaproceso para la implementación de una *arquitectura cognitiva ad hoc* (Kotseruba y Tsotsos, 2018). Este metaproceso supervisaría y coordinaría todas las etapas del proceso, incluyendo la planificación estratégica, el análisis y diseño, el desarrollo, la implementación, la evaluación, la optimización y el mantenimiento, con el fin de garantizar que la arquitectura cognitiva avance de manera eficiente y se alcancen los objetivos establecidos (Jiménez-Galina et al., 2023). Otra de las tesis se enfoca en investigar técnicas de representación de piezas de conocimiento derivadas del conocimiento tácito, como es el caso del conocimiento geométrico (De Mello y De Carvalho, 2015).

Finalmente, uno de los desafíos más destacados que plantea un DCEI es el relacionado con la transferencia de conocimiento. Aunque partimos de una fuerte influencia del modelo SECI (Farnese et al., 2019), aún queda mucho por hacer en cuanto a la formalización de un proceso de negociación y confianza basado en el afecto y en la cognición de los especialistas del dominio y otros actores relevantes del DCEI, con el fin de lograr compartir y utilizar eficazmente el conocimiento tácito (Holste y Fields, 2010).

En conclusión, este artículo ha expuesto el marco KMoS-SSA como una herramienta efectiva para abordar dominios complejos, al integrar enfoques adaptables para gestionar la complejidad inherente a la transformación digital y cognitiva de las organizaciones. Al adoptar este marco, es posible mejorar la toma de decisiones, fomentar la innovación y enfrentar de manera más efectiva los desafíos contemporáneos que surgen en diversos contextos complejos.

Referencias

- Aviad, A., Węcel, K., y Abramowicz, W. (2016). A Semantic Approach to Modelling of Cybersecurity Domain. *Journal of Information Warfare*, 15(1), 91-102. <https://www.jstor.org/stable/26487483>.
- Checkland, P. B. (1989). Soft Systems Methodology. *Human Systems Management*, 8(4), 273-289. <https://doi.org/10.3233/hsm-1989-8405>.

- Checkland, P., y Poulter, J. (2020). Soft Systems Methodology. En Reynolds, M. y Holwell, S. (eds), *Systems Approaches to Making Change: A Practical Guide*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7472-1_5.
- De Mello, F. L. y De Carvalho, R. L. (2015). Knowledge Geometry. *Journal of Information & Knowledge Management*, 14(04), 1550028-1550028. <https://doi.org/10.1142/s0219649215500288>.
- Farnese, M. L., Barbieri, B., Chirumbolo, A., y Patriotta, G. (2019). Managing Knowledge in Organizations: A Nonaka's SECI Model Operationalization. *Frontiers in Psychology*, 10, 2730. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02730>.
- Gu, J. (2016). The Meta-synthesis System Approach. En Nakamori, Y. (Ed), *Knowledge Synthesis. Translational Systems Sciences*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55218-5_5.
- Gu, J., y Tang, X. (2004). Wu-li Shi-li Ren-li system approach to a major project on the research of meta-synthesis system approach. *International Journal of Knowledge and Systems Sciences*, 1(1), 70-77. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5360c354d8e0fffe9e2e67dbf0de161e60c48352>.
- Hadi, A. H., Pramuhadi, G., Susantyo, B., y Wahyono, E. (2023). Sustainability Concept Design of Robusta Coffee Agroindustry Kalibaru with Soft System and Decisions Support System Methods. *International Journal of Sustainable Development & Planning*, 18(5), 1339-1350. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.180504>.
- Hanafizadeh, P., y Mehrabioun, M. (2022). The Nature of Hard and Soft Problems and Their Problem-Solving Perspectives. *Journal of Systems Thinking in Practice*, 1(3), 22-48. <https://doi.org/10.22067/jstinp.2022.79419.1024>.
- Holste, J. S., y Fields, D. (2010). Trust and tacit knowledge sharing and use. *Journal of Knowledge Management*, 14(1), 128-140. <https://doi.org/10.1108/13673271011015615>.
- Jackson, M. (2017). Engineering by Software: System Behaviours as Components. En Mazzara, M. y Meyer, B. (eds), *Present and Ulterior Software Engineering*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4_1.
- Jiménez-Galina, A., Olmos-Sánchez, K., Licona-Olmos, J., y Maldonado-Macias, A. (2023). Necesidad de una metodología para la representación del conocimiento para sistemas complejos en DEI. *Enfoque empírico-teórico*. 11th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT). https://conisoft.org/2023/assets/docs/sessionprogram/SessionsProgram_CONISOFT-2023_v60_231030_230231.pdf.
- Kotseruba, I., y Tsotsos, J. K. (2018). 40 years of cognitive architectures: core cognitive abilities and practical applications. *Artificial Intelligence Review*, 53(1), 17-94. <https://doi.org/10.1007/s10462-018-9646-y>.
- Larson, E. J. (2021). *The myth of artificial intelligence why computers can't think the way we do*. The Belknap Press of Harvard University Press.
- Nakamori, Y. (2020). Fusing systems thinking with knowledge management. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 29, 291-305. <https://doi.org/10.1007/s11518-019-5450-8>.
- Nikhilis, N., Iriani, A., y Hartomo, K. D. (2020). Soft System Methodology (SSM) Analysis to Increase the Number of Prospective Students. *INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi*, 4(1), 63-74. <https://doi.org/10.29407/intensif.v4i1.13552>.
- Nonaka, I., y Takeuchi, H. (2016). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Hbs.edu. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=38411>.
- Olmos-Sanchez, K., y Rodas-Osollo, J. (2020). *Helping organizations manage the innovation process to join the Cognitive era*. 8th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT). <https://doi.org/10.1109/conisoft50191.2020.00012>.

- Olmos-Sánchez, K., y Rodas-Osollo, J. (2016). A Strategy of Requirements Engineering for Informally Structured Domains. *International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics*, 7(2), 49-56. <https://ijcopi.org/ojs/article/view/39>.
- Polanyi, M. (1958). *Personal Knowledge*. University of Chicago Press. <https://philpapers.org/rec/POLPK-3>.
- Reynolds, M., y Holwell, S. (2020). *Systems Approaches to Making Change: A Practical Guide*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7472-1>.
- Rodas-Osollo, J. (2023). *An Interesting Adventure accompanied by CMCg.I model*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10111223>.
- Rodas-Osollo, J., y Olmos-Sánchez, K. (2022). *Toward Optimization of Medical Therapies with a Little Help from Knowledge Management*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101987>.
- Rodas-Osollo, J., Olmos-Sánchez, K., y Kotlyarova, I. (2024). *A conceptual framework-KMoS-SSA: synergizing quality management and technology*. Croatian Quality Managers Society. <https://hdmk.hr>.
- Rodas-Osollo, J., Olmos-Sánchez, K., Portillo-Pizaña, E., Martínez-Pérez, A., y Alemán-Meza, B. (2021). An Archetype of Cognitive Innovation as Support for the Development of Cognitive Solutions in Smart Cities. En Ochoa, A, Vargas, G. y Espinosa, J. (Eds.), *Innovative Applications in Smart Cities*. CRC Press. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003191148-8/archetype-cognitive-innovation-support-development-cognitive-solutions-smart-cities-jorge-rodas-osollo-karla-olmos-sanchez-enrique-portillo-pizana-andrea-martinez-perez-boanerges-aleman-meza>.
- Rohajawati, S., Fairus, S., Saragih, H., Akbar, H., y Rahayu, P. (2021). A combining method for systems requirement of knowledge-based medical hazardous waste. *TEM Journal*, 10(4), 1761-1768. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/combining-method-systems-requirement-knowledge/docview/2702222057/se-2>.
- Saadah H. (2010). Soft Systems Methodology in Environment-Aware Case-Based Reasoning System Analysis. *Information Technology Journal*, 9, 467-473. <https://scialert.net/abstract/?doi=itj.2010.467.473>.
- Tona, O., y Asatiani, A. (2023). Designing digital solutions for sustainability: Navigating conflicting stakeholder requirements with dignity in mind. *Journal of Information Technology Teaching Cases*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/20438869231216995>.
- Trochim, W. M., Cabrera, D. A., Milstein, B., Gallagher, R. S., y Leischow, S. J. (2006). Practical Challenges of Systems Thinking and Modeling in Public Health. *American Journal of Public Health*, 96(3), 538-546. <https://doi.org/10.2105/ajph.2005.066001>.
- Yang, J. T., y Wan, C. S. (2004). Advancing organizational effectiveness and knowledge management implementation. *Tourism Management*, 25(5), 593-601. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2003.08.002>.
- Zahid, A., Sharma, R., Wingreen, S. C., y Anushia, I. (2022). *Soft systems modelling of design artefacts for blockchain-enabled precision healthcare as a service*. AIS Electronic Library (AISeL). <https://aisel.aisnet.org/iceb2022/42/>.