

Modelos para currículos basados en competencias en Carreras de Ingeniería: un mapeo sistemático de la literatura

Viviana A. Santucci¹, Jimena del Carmen Bourlot¹, Mariel Ale², Lucila Romero¹

¹GIDIS – Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas
Universidad Nacional del Litoral – Santa Fe, Argentina

²CIDISI – Facultad Regional Santa Fe
Universidad Tecnológica Nacional – Santa Fe, Argentina

santucci.viviana@gmail.com, jimebourlot@gmail.com,

male@frsf.utn.edu.ar, lucila.rb@gmail.com

Resumen. *La aprobación de los Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería, por parte del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina, insta en las universidades la formación por competencias (FPC) con fuerte impacto en los currículos. Este proceso es de complejidad tal que es conveniente que los interesados sean asistidos con productos de software. En este trabajo se presenta un mapeo sistemático de la literatura para obtener las investigaciones que detallen la aplicación de modelos legibles por máquinas que soporten el desarrollo de estos sistemas. Dicho mapeo revela la necesidad de continuar investigando y construir un modelo formal que satisfaga los requerimientos de sistemas de generación de currículos para la FPC.*

1. Introducción

En junio de 2018 tiene lugar un evento que constituye, para nuestro país, un hito clave en la Formación por Competencias (FPC) en las carreras de ingeniería (CI) y es la aprobación de la “Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería” -que se conoce como Libro Rojo- por parte del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI).

La aprobación de dichos estándares da por concluido el debate sobre si la enseñanza en las CI debe centrarse en Competencias o no y, sin dubitaciones, el modelo de la FPC y el Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE) deben implementarse en las universidades que forman a los futuros ingenieros en los próximos procesos de acreditación. Como consecuencia de esto, se torna imprescindible adecuar e implementar Diseños Curriculares a fin de alinearlos con los nuevos estándares. Esta tarea resulta compleja para los sujetos sociales del currículum: i) los de determinación curricular (estado, sector empresarial y otros), interesados en determinar rasgos esenciales de un currículum; ii) los del proceso de estructuración formal (comisiones de seguimiento académico, secretaría académica y otros), que son quienes dan forma y estructura al currículum; y iii) los del desarrollo curricular (docentes y alumnos), que convierten en práctica cotidiana al currículum [De Alba and Puiggrós 1991].

A causa de la complejidad de los cambios paradigmáticos que deben afrontar los mencionados sujetos, se considera de gran utilidad que los mismos dispongan de sistemas

que permitan generar y gestionar currículos para la FPC y el ACE en CI. Para ello, es ineludible comenzar por dar cuenta de cuál es el estado del arte en cuanto a modelos formales aplicados en el dominio de la Ingeniería de Sistemas (IS) que sirvan de soporte para el desarrollo de los mismos.

Esta circunstancia conduce a la realización de un Mapeo Sistemático de la Literatura (MSL) para identificar, analizar y, por último, resumir los avances en el campo de la IS referidos al modelado formal para la FPC y el ACE con especial énfasis en los currículos de las CI. El MSL es empleado por muchos investigadores en un conjunto de áreas utilizando diferentes pautas o métodos [Petersen et al. 2015] con el objetivo principal de proporcionar una descripción general de un área de investigación, e identificar la cantidad y el tipo de investigación y los resultados disponibles dentro de ella [Petersen et al. 2008a].

Es esperable que, con este trabajo, tanto investigadores como profesionales logren evidencias sobre la aplicación del modelado formal dentro de la IS para el FPC y el ACE. En efecto, esto motiva su utilización en nuevas propuestas que asistan al desarrollo de sistemas que gestionen currículos de CI para la FPC y el ACE.

El resto del escrito se ordena de la siguiente forma. En la Sección 2 se explica sucintamente un marco teórico preliminar. En la Sección 3 se detalla la metodología de investigación empleada en el desarrollo del MSL. Finalmente, en la Sección 4 se describen las conclusiones y futuras líneas de investigación.

2. Marco Teórico

Como se menciona en la introducción, si bien el año 2018 constituye un punto clave en la formación moderna de la ingeniería argentina, hay que recordar que existe una extensa serie de acontecimientos previos -tanto a nivel nacional como internacional- que construyeron el andamiaje para la creación de los Estándares para Acreditación de las CI y, entre estos, se puede citar al que dio origen al CONFEDI a finales de 1987.

A partir de la creación de CONFEDI, el Sistema de Formación de Ingenieros adquiere “una visión de conjunto, respetando la autonomía de cada facultad, las individualidades y realidades particulares, pero priorizando siempre al sistema como tal y mirando con perspectiva de futuro” [Kowalski et al. 2020].

El CONFEDI en forma conjunta con el Instituto de Cooperación Iberoamericana (ICI) llevó a cabo el Proyecto de Homogeneización Curricular en la Enseñanza de las Ingenierías en la República Argentina [CONFEDI 1996]. Más adelante, este mismo congreso concreta el Proyecto Estratégico de Reforma Curricular 2005/7 que se conoce como Libro Celeste [Morano et al. 2005].

En años posteriores la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) que nuclea, a nivel iberoamericano, a todas las organizaciones equivalentes a CONFEDI suscribe en 2013 la “Declaración de Valparaíso” en la que asume como propias las Competencias Genéricas de CONFEDI y luego, en la “Declaración de Ushuaia” de 2015 incorpora entre sus ejes estratégicos la Formación de Profesores de Ingeniería [Kowalski et al. 2020]. Un par de años más tarde, en la ciudad de Oro Verde, se aprueba el “Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería” [CONFEDI 2017]. Por último, como ya se ha mencionado

y según refiere [Kowalski et al. 2020] en 2018 tiene lugar la aprobación de los estándares que CONFEDI los presenta al Ministerio de Educación (ME), al Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) y al Consejo de Rectores de Universidades Privadas (CRUP).

Hechas las consideraciones anteriores referidas a la génesis de la FPC en Argentina, es pertinente abordar la comprensión de conceptos claves tales como competencias, FPC y ACE para ampliar el entendimiento del dominio. En lo que respecta al vocablo competencia es factible afirmar que el mismo reviste el carácter de polisémico. A modo de ejemplificar esta aseveración, a continuación, se presentan algunas definiciones de distintos autores.

De acuerdo con [Le Boterf 2001] la competencia “es una construcción, es el resultado de una combinación pertinente de varios recursos cognitivos”. En palabras de [Perrenaud 2002] es la “capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo definido de situación, capacidad que se apoya en conocimientos pero no se reduce a ellos”. Según la Comisión Europea - EQF [EQF 2009] es la “capacidad para utilizar conocimientos, destrezas y habilidades personales, sociales y metodológicas en situaciones de trabajo o estudio y en el desarrollo profesional y personal”. Para [Tobón Tobón 2013] “son procesos complejos de desempeño con idoneidad en un determinado contexto, con responsabilidad”. Finalmente, [CONFEDI 2006] la define como “la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales.”

Dicho lo anterior sobre las competencias es oportuno referirse al contexto histórico y social en el cual un estudiante o futuro ingeniero debe aplicarlas; es decir, el siglo XXI. La sociedad de este siglo -denominada como “post-industrial” (Bell), “de la tercera ola” (Toffler) o “tecnológica” (Brzezinski)- se origina en una revolución tecnológica basada en la información y el conocimiento. En el aspecto económico, los rasgos más sobresalientes son: globalidad; es decir, la producción y gestión de bienes y servicios se organiza y opera a nivel planetario; la generación y transformación de la información es clave para la productividad del sistema; la interconexión (por medio de redes e internet) otorga flexibilidad, operatividad y configuración variable.

En consecuencia, es impensable seguir sosteniendo modalidades de aprendizaje que promueven la concepción esencialista y objetivista del conocimiento de principios del siglo pasado y, por ende, es fundamental modificar las prácticas en las CI y adoptar un nuevo enfoque y, en este sentido, una tendencia creciente a nivel mundial que se basa en un concepto conocido es el ACE. En este tipo de aprendizaje [Cukierman 2018] sostiene que: “El foco está puesto en lo que el estudiante hace para aprender y el profesor es el guía o “facilitador” ya que, desde su conocimiento y experiencia, tanto de su papel docente como de la disciplina de que se trate, configura las estrategias y acciones necesarias para que sea el alumno el que construya el conocimiento.”(p. 29)

Este tipo de aprendizaje puede darse en cualquier lugar y en cualquier momento, es personalizado y se basa en competencias. Tales competencias deben estar alineadas con el aprendizaje y la evaluación. Y es preciso para lograr esa alineación aplicar la FPC.

La FPC según [Tobón Tobón 2015] constituye una propuesta que parte del aprendizaje significativo y se orienta a la formación humana integral como condición esencial

de todo proyecto pedagógico; integra la teoría con la práctica en las diversas actividades, promueve la continuidad entre todos los niveles educativos y entre estos y los procesos laborales y de convivencia; fomenta la construcción del aprendizaje autónomo, orienta la formación y el afianzamiento del proyecto ético de vida; busca el desarrollo del espíritu emprendedor como base del crecimiento personal y del desarrollo socio económico; y fundamenta la organización curricular con base en proyectos y problemas, trascendiendo de esta manera el currículo basado en asignaturas compartimentadas.

De cara a esta complejidad, el aporte que la Ingeniería en Sistemas (IS) puede brindar es sustancial. Esta afirmación se basa en que resulta impensable afrontar este cambio de paradigma sin contar con un modelo conceptual que cubra todos los aspectos de un currículo para la FPC. Un modelo conceptual, en el campo de la IS, según sostiene [Olivé 2007], consiste en un número de objetos y las relaciones entre ellos, las cuales se clasifican en conceptos. El estado de un dominio en particular, en un momento dado, luego consiste en un conjunto de objetos, un conjunto de relaciones, y un conjunto de conceptos en los que estos objetos y relaciones se clasifican.

Otro enfoque de la IS aplicable en este contexto, determinado por el fin que se persigue, es el abordado por [Fernandez and Hernandez 2019], el cual apunta a una Ingeniería de Sistemas Basada en Modelos, la cual se focaliza en el uso de modelos para comunicar y simular. En cuanto a la comunicación, un modelo en la IS es una forma de comunicación entre el ingeniero y los interesados involucrados en el desarrollo de un sistema, en la cual se debe presentar un problema y una potencial solución, transmitiendo la información del sistema a los humanos. A su vez, la diversidad de interesados requiere que los modelos integren diferentes vistas asociadas a distintas perspectivas, lo cual es uno de los principales focos y ventajas de este enfoque. Por otra parte, la segunda ventaja clave es que los modelos admiten ser interpretados por máquinas o programas de computadora para simular el sistema que especifican.

Una vez definido el modelo interpretable por máquinas para el dominio particular de la FPC, el mismo puede ser útil para el desarrollo de cualquier tipo de sistema de información que brinde soporte al EC. En el desarrollo de cualquier software de gestión educativa debe tenerse en cuenta atributos tales como flexibilidad, reusabilidad, adaptabilidad, mantenibilidad y robustez [Yago et al. 2018]. A estas características se considera relevante sumar algunos de los que se exponen en [Wieggers and Beatty 2013] como: disponibilidad, integridad, performance, seguridad e interoperabilidad. Todas estas características sólo son alcanzables si se dispone de un punto de partida consensuado por todos los interesados en la comprensión del dominio y es aquí donde un modelo conceptual se vuelve indispensable.

3. Metodología

Puesto que la metodología presentada en [Petersen et al. 2008a] goza de amplia aceptación en la comunidad científica se la emplea para el desarrollo del presente MSL.

Por ende, y haciendo referencia a lo presentado en la Figura 1, a continuación se enumeran los pasos esenciales de la misma: (i) definición de las preguntas de investigación, (ii) realización de búsqueda de estudios primarios, éstos se identifican utilizando cadenas de búsquedas en bases de datos científicas o bien navegando manualmente por las actas de conferencias o publicaciones de revistas, (iii) especificación criterios de in-

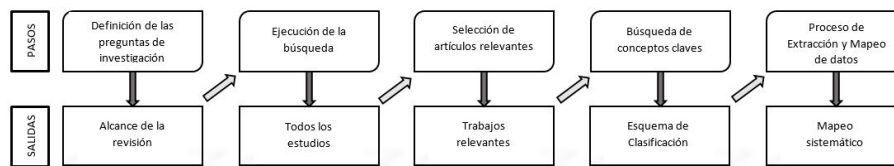


Figura 1. Proceso de Mapeo Sistemático propuesto por [Petersen et al. 2008a].

clusión y exclusión de estudios con el propósito de excluir los que no son relevantes para dar respuesta de las preguntas de investigación, (iv) selección y clasificación de los estudios primarios encontrados, teniendo en cuenta los criterios definidos en el paso (iii) y, por último, (v) extracción de datos y proceso de mapeo. Seguidamente y, como corolario de la ejecución de la metodología aplicada, se exponen los pasos y las salidas logradas.

3.1. Preguntas de investigación

Son útiles para guiar el proceso de búsqueda y selección de estudios primarios. En la Tabla 1 se presentan las preguntas de investigación.

Tabla 1. Preguntas de investigación

Pregunta	Motivación
Q1. ¿Existen modelos y/o métodos formales para representar currículos basados en competencias en carreras de ingeniería?	M1. Identificar propuestas de investigación que aborden la representación formal de currículos basados en competencias.
Q2. ¿Hay técnicas de la inteligencia artificial (IA) aplicadas al dominio de la FPC ?	M2. En caso de existir, cuáles son las técnicas de IA más empleadas.

El presente MSL examina los trabajos que hacen aportes sustanciales en cuanto a modelos legibles por máquinas que soporten el desarrollo de sistemas para la gestión integral de los currículos de las CI que adopten la FPC. El análisis de las técnicas de modelado es fundamental para seleccionar aquellas que mejor se adecúan a la representación del dominio objeto de este trabajo. La selección se realizará conforme las técnicas posibiliten una representación altamente semántica y formal del dominio de trabajo permitiendo el procesamiento computacional subsiguiente.

3.2. Ejecución de la búsqueda

Con el propósito de identificar los estudios primarios se consultaron las siguientes bibliotecas en línea: (1) IEEE Xplore; (2) ScienceDirect; (3) SpringerLink y (4) Scopus. Para realizar esta investigación, se toma como punto de inicio el año 2009. Tales bibliotecas constituyen fuentes fundamentales de estudios en el ámbito de la Ingeniería de Sistemas y sus motores aceptan búsquedas avanzadas empleando para estos diversos criterios y formatos de cadena.

Para la redacción de la cadena de búsqueda se consideraron las pautas definidas por [Petersen et al. 2008b] y que, a continuación se detallan: (i) Identificar las palabras principales de las preguntas de investigación; (ii) Extraer las palabras claves en los documentos significativos en la temática; (iii) Identificar sinónimos y abreviaturas alternativas;

(iv) Elaborar cadenas de búsquedas a través de la concatenación de las palabras identificadas mediante los operadores booleanos AND para vincular términos principales y OR para agregar sinónimos alternativos; (v) Construir las cadenas de búsquedas avanzadas para cada repositorio. Por último, las cadenas resultantes se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Cadena de búsqueda por biblioteca digital

Biblioteca Digital	Cadena de búsqueda
IEEE Xplore	(“Author Keywords”: curricul*) AND (“Author Keywords”: competenc*) AND (“Full Text & Metadata”: formal method OR “Full Text & Metadata”: formal model) AND (“Full Text & Metadata”: engineering education OR “Full Text & Metadata”: higher education)
Scopus	TITLE-ABS-KEY ((“competenc*”) AND (“curricul*”) AND (“engineering education” OR “higher education”) AND (“formal” AND “model*” OR “formal” AND “method*”))
SpringerLink	(competenc*) AND (curricul*) AND (formal method OR formal model) AND (engineering education OR higher education)
ScienceDirect	(“curricula” OR “curriculum”) AND (“engineering” OR “higher education”) AND (“competence” OR “competencies”) AND (“formal” OR “method” OR “model”)

Dentro de las bibliotecas seleccionadas, se aplicó la cadena de búsqueda en títulos, resúmenes, palabras claves, texto completo y metadatos. El trabajo de búsqueda de estudios primarios se realizó desde noviembre de 2021 a marzo de 2022. Como resultado de esta tarea se identificaron cuatrocientos setenta y dos (472) documentos. La biblioteca IEEE Xplore devolvió treinta (30) artículos; Scopus sesenta y tres (63); SpringerLink doscientos cuarenta y siete (247) y ScienceDirect ciento treinta y dos (132). La cantidad de artículos recuperados por cada repositorio se muestra en la Figura 2. La categoría Falso negativo se reservó para aquellos artículos que no fueron arrojados por las estrategias de búsqueda y consultando otras fuentes. En esta última categoría se encontraron siete (7) artículos.

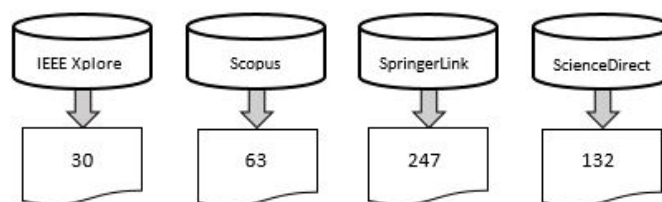


Figura 2. Número de Estudios encontrados por repositorio digital.

3.3. Selección de artículos relevantes

De acuerdo con las pautas de [Medina López et al. 2010] se establecieron los criterios de inclusión y de exclusión que se muestran en la Tabla 3 a fin de seleccionar los estudios primarios candidatos.

Tabla 3. Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión
CI 1. Investigaciones con propuestas precisas de aplicación de modelos y/o métodos formales en el dominio del FPC y CE haciendo especial hincapié en los currículos basados en competencias en carreras de ingeniería.
CI 2. Estudios publicados en idioma inglés y español. Esto se basa en que la mayor divulgación que presentan los trabajos escritos en dichos idiomas en el área de la ingeniería de sistemas y de la formación basada en competencias.
CI 3. Escritos publicados en las librerías digitales entre los años 2009 y 2022.
CI 4. Trabajos publicados en formato: Journal Article y Conference paper.
CI 5. La cadena de búsqueda debe aparecer en título, resumen o palabras clave del estudio.
Criterios de Exclusión
CE 1. Investigaciones cuya aplicación no sea el contexto de las carreras de ingeniería o currículos basados en competencias.
CE 2. Se excluyen las investigaciones que no estén redactadas en inglés o español.
CE 3. Estudios cuya fecha de publicación se encuentre fuera del periodo comprendido entre 2009 y 2022.
CE 4. Propuestas e investigaciones publicados en formato de libro de texto, capítulos de libro, tesis, position paper, keynotes, opinión, tutorial, poster o panel.
CE 5. Trabajos que no contengan en título, resumen o palabras claves, los términos utilizados en la cadena de búsqueda.

A partir del proceso de filtrado se comprobó que un total de veintinueve (29) documentos refieren a las preguntas de investigación. Por otra parte, se identificaron cuatrocientos cuarenta y tres (443) falsos positivos, es decir, trabajos que describen propuestas que no cumplen con los criterios de inclusión y; por lo tanto, se encuentran fuera del alcance del MSL, motivo por el cual fueron descartados.

3.4. Proceso de extracción y mapeo de datos

Consiste en la lectura y análisis completo de los trabajos considerados relevantes, con la finalidad de contestar las preguntas de investigación. Por esta razón, seguidamente, se detallan los resultados conseguidos y se responden las preguntas de investigación planteadas.

Q1. ¿Existen modelos y/o métodos formales para representar currículos basados en competencias en CI?

Existen algunas iniciativas en relación con el modelado de algunos aspectos de la FPC. [Ramirez and Sanchez 2012] proponen un modelo de representación de competencias al que denominan Competences Memory Map (MM-Competences) que representa algunos de los componentes de una competencia de una manera simple. Específicamente, modela la relación entre los elementos de una competencia y las estructuras creadas por la asociación de múltiples competencias empleando para ello un grafo dirigido. Sin embargo, este modelo no adiciona ningún elemento semántico que facilite la comprensión de los conceptos modelados por todos los interesados del dominio. Por su parte, en

[Conlan et al. 2009], se introduce un enfoque para la evaluación en tiempo real de las habilidades del alumno que fue implementado y evaluado como parte del proyecto Elektra. Dado que el proyecto es aplicable al entorno de los Juegos de Educación Digital se establece una distinción entre dos componentes: motor de juegos y motor de aprendizaje. En definitiva, los aportes de este enfoque son escasos para el tema principal de este plan dado que solo se pueden rescatar aquellos que refieren al motor de aprendizaje que es el responsable para la adaptación la experiencia educacional.

A partir de una amplia gama de entornos en [Edwards et al. 2009] se proporciona una visión conceptual y una crítica de las competencias implementadas, discuten los procesos que permiten definir un mapa de competencias dentro de la educación en ingeniería y presentan un proyecto piloto de aprendizaje para la FPC en ingeniería electrónica en España. En [Villalobos et al. 2011] definen un modelo de diseño curricular para gestionar programas de ingeniería informática; sin embargo, el núcleo de este modelo es la orientación a proyectos. Por otra parte, en [Ontiveros and Antolinez 2013] han adoptado un modelo curricular basado en competencias y ciclos propedéuticos, para garantizar la adecuación a la industria y circunscriben el trabajo al programa de la asignatura ingeniería de software aplicando el enfoque de pensamiento sistémico. [Khousa et al. 2015] presentan un modelo para incorporar la preparación profesional en la educación formal para formar un nuevo modelo de aprendizaje basado en comunidades de práctica que utiliza learning analytics and social networks techniques. El modelo propuesto consta de tres módulos principales: preparación para la carrera, predicción de la carrera y desarrollo de la carrera.

En [Agrawal et al. 2013] se plantea un modelo de currículo basado en resultados, a la vez que analizan las diversas facetas de la filosofía, enfoque y estructura de este modelo curricular; así mismo describen brevemente la planificación, diseño, implementación y evaluación del currículo, el proceso de desarrollo. En el mismo sentido, en [Ulseth et al. 2011] se desarrolla un modelo curricular holístico de ingeniería en India "Engineering Diploma Curriculum NITTTR-MSBTE Model 2016" que informa al alumno las competencias declaradas por la industria en términos observables y medibles y los "resultados intermedios" en varias etapas del recorrido curricular.

En [Sedelmaier et al. 2021] se presenta un enfoque sistemático orientado a la competencia para el desarrollo del currículo, respetando por igual todos los tipos de competencias requeridas. Como estudio de caso, se muestra cómo se utilizó este enfoque para diseñar el plan de estudios de un programa de estudio orientado a la ciencia de datos.

Otras propuestas refieren a frameworks o marcos, en [Ghemri et al. 2017] exponen un marco de aprendizaje experiencial para potenciar las habilidades laborales y la experiencia de los estudiantes esté alineada con los requisitos de competencia de los empleadores. En [Harmse and Wadee 2020] comparan múltiples marcos internacionales de competencias en TIC para usarlos como guía en el desarrollo de currículos de TIC relevantes. La investigación presenta diferencias y similitudes significativas de los marcos de competencias de TIC. En [Ornellas et al. 2019] se presenta un marco teórico basado en enfoques de aprendizaje auténtico aplicables en educación superior para diseñar actividades que permitan a los estudiantes desarrollar habilidades de empleabilidad. A su vez, [May and Ossenberg 2014] presentan un enfoque que combina dos perspectivas teóricas que son, por un lado la perspectiva EQR (European Qualification framework for Lifelong

Learning) y, por otro, la perspectiva de las taxonomías del área educativa definidas por Bloom, de Krathwohl y la de Ferri y Aziz. Esta propuesta tiene como principal objetivo apoyar el diseño de cursos de educación superior que, si bien no ofrece una orientación para la generación de currículos para la FPC de una CI, facilita la identificación de conceptos empleados en el dominio de la FPC que habilitan su conceptualización; sin embargo no presentan un modelo que pueda ser comprensible por una computadora. En [El Asame et al. 2022] se propone un marco pedagógico híbrido para entornos de e-learning, que incluye un conjunto de principios para el diseño de evaluación de competencias basado en el Enfoque basado en competencias y el Enfoque basado en objetivos. En el trabajo de [Shankararaman and Ducrot 2016] se explica cómo se puede usar un marco de competencias a lo largo del ciclo de vida de un curso de la Universidad de Singapur para entregar y evaluar de manera efectiva el contenido del curso y brindar retroalimentación valiosa y oportuna a los estudiantes.

En [Palma et al. 2011] se comparan los estándares de acreditación ABET en el campo de la ingeniería con las competencias internacionales según el modelo de IPMA. Esta comparación revela que existe la necesidad de aplicar modelos holísticos en la definición de un plan de estudios de CI y la pertinencia de estos modelos en la definición de programas de ingeniería en América Latina.

En la propuesta de [Juaneda-Ayensa et al. 2019] se diseñan un modelo, usando las categorías descritas en el modelo de Tuning, para analizar las relaciones entre los resultados de aprendizaje percibidos y las competencias. Mientras que [Koshkin et al. 2015] se plantea un modelo especial de seguimiento sobre la dinámica de formación de competencias de los estudiantes que se ocupa de la relación entre los rendimientos de estudio de un estudiante y/o un grupo de estudiantes y la evaluación cuantitativa del nivel de competencia de los estudiantes.

En [Ley et al. 2010] amplían la investigación sobre Teoría del Espacio del Conocimiento basada en competencias aplicada en entornos educativos; aplican obtención sistemática de conocimiento y técnicas de evaluación como parte del proceso de modelado para el refinamiento iterativo de los modelos.

Otros autores como [Takada et al. 2020] realizan una investigación para demostrar las visualizaciones de los currículos de computación para contrastar un currículo con otro. También proporcionan un mecanismo mediante el cual los interesados podrían usar herramientas visuales para explorar una variedad de aplicaciones posibles.

En [De Pablos Pons 2010] se define al concepto de competencia, como elemento referencial de algunos de los cambios que se están produciendo en la educación superior y profundiza en la idea de formación en competencias informacionales, cuyo sentido se analiza en esta aportación y en [Bautista 2016] se propone que las habilidades genéricas pueden y deben desarrollarse desde el primer año de universidad a través de métodos de aprendizaje activo y se aplicaron varios métodos de aprendizaje activo a un curso de primer año de ingeniería agrícola, se describen estos métodos y se analiza su utilidad para la adquisición de competencias por parte de los alumnos.

En [Lee 2012] se describen las competencias para el crecimiento verde y la innovación disruptiva, se sugieren varios métodos para aumentar las competencias en las universidades coreanas y se exploran los tipos de competencias para la sociedad futura y

sugiere cómo la universidad puede contribuir a cultivar talentos para RR.HH. con competencias multifuncionales y altas.

Algunos trabajos emplean ontologías, en el caso del trabajo de [Gluga et al. 2013] aporta un nuevo enfoque validado para el diseño curricular para abordar la complejidad de garantizar que los alumnos desarrollen progresivamente habilidades genéricas; y un enfoque de mapeo semántico liviano validado que respalde la visualización del plan de estudios contra múltiples conjuntos de marcos de objetivos de aprendizaje. En [Piedra and Caro 2018] se presenta una ontología denominada EntreComp-Onto para la representación semántica de competencias basada en el Framework EntreComp, no obstante, sólo refleja características técnicas o estructurales de la FPC. En [Romero et al. 2019] se desarrolla una ontología que conceptualiza la idea de competencias en la formulación del currículo de las CI; a su vez, esta ontología es parte de una red de ontologías resultado de trabajos previos de los autores. [Kurzaeva et al. 2020] describen el método para el desarrollo de un modelo ontológico que sea capaz de conformar el contenido de las competencias TI y evaluarlas en los estudiantes universitarios. En [Stancin et al. 2020] presenta una revisión de la literatura del uso de ontologías para: modelado y gestión del plan de estudios, descripción de dominios de aprendizaje, datos de aprendizaje y servicios de aprendizaje electrónico. [Hedayati et al. 2017] se estudio cómo una plataforma para el mantenimiento de ontología colaborativa podría mejorar el desarrollo curricular en el dominio de la educación vocacional relacionada con las TIC. Propuestas como la que se encuentra en [Barrera et al. 2012] presenta un modelo conceptual basado en una ontología para el diseño curricular en el que se define de manera básica la estructura de una competencia y se incluyen dimensiones, a grandes rasgos, sin profundizar en aspectos involucrados en el dominio.

Q2. ¿Hay técnicas de la inteligencia artificial (IA) aplicadas al dominio de la FPC?

En [Yago et al. 2018] se expone una revisión sistemática de la literatura sobre sistemas recomendadores basados en competencias a partir de la cual se identifican cinco (5) propuestas para los sistemas basados en conocimiento: [Florian and Fabregat 2011], [Mao et al. 2015], [Paquette 2016], [Emmenegger et al. 2016] y [Bañeres Besora and Conesa Caralt 2017] y diez (10) trabajos para sistemas recomendadores híbridos: [Isaias et al. 2010], [Cazella et al. 2014], [Montuschi et al. 2015], [Damiani et al. 2015], [Wang 2016], [Duran et al. 2016], [Colomo-Palacios et al. 2012], [Khobreh et al. 2013], [Chavarriaga et al. 2014] y [Rodríguez et al. 2015].

Por otra parte, en [Reise and Seliger 2010] se presenta un software de soporte que genera descripciones de cursos y anota automáticamente las descripciones. Ayuda al profesor a crear resultados de aprendizajes (elementos importantes en la FPC), que son tanto didácticamente adecuados como legibles por humanos y máquinas.

4. Conclusiones y Trabajos Futuros

Como se puede observar, a partir de los trabajos analizados hasta el momento, la mayoría de ellos definen modelos que representan sólo una parte de los diversos aspectos involucrados en la FPC (interesados, contexto, diseño curricular, semántica de los conceptos, entre otros) y no son útiles para el desarrollo de sistemas de información que den soporte

al momento de la definición de currículos para la FPC de CI. Los aportes más valiosos están dados por los trabajos que presentan ontologías y sistemas recomendadores.

Por lo expuesto hasta aquí, se reconoce la importancia de emplear de técnicas de la ingeniería de software, para identificar requerimientos, realizar un agrupamiento semántico de los mismos, y así llegar a un modelo que sea legible por máquinas.

Específicamente, y en relación a los distintos enfoques y modelos que se pudieron hallar, aún queda mucho trabajo por hacer en el ámbito del modelado de la FPC. Motivo por el cual, se propone como futura línea de investigación ampliar el estudio de la aplicación de ontologías y modelos que aplican inteligencia artificial para generar un modelo para representar el dominio de la FPC en las CI de la República Argentina para el diseño y desarrollo de sistemas de información que den soporte a la generación de currículos de acuerdo con los estándares y lineamientos propuestos por CONFEDI.

5. Agradecimientos

Referências

- Agrawal, V. K., Earnest, J., Gupta, S., Tegar, J., and Mathew, S. S. (2013). Outcome based engineering diploma curriculum - 2012 gujarat experiment. In *2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1864–1870.
- Bañeres Besora, D. and Conesa Caralt, J. (2017). A life-long learning recommender system to promote employability.
- Barrera, M., Montaña, N., and Ramos, E. (2012). An ontological approach to support design competency-based curriculum. In *2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En Informatica (CLEI)*, pages 1–6. IEEE.
- Bautista, I. (2016). Generic competences acquisition through classroom activities in first-year agricultural engineering students. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 13(1):29.
- Cazella, S. C., Behar, P. A., Schneider, D., Silva, K. K. d., and Freitas, R. (2014). Developing a learning objects recommender system based on competences to education: Experience report. In *New Perspectives in Information Systems and Technologies, Volume 2*, pages 217–226. Springer.
- Chavarriga, O., Florian-Gaviria, B., and Solarte, O. (2014). A recommender system for students based on social knowledge and assessment data of competences. In *European Conference on Technology Enhanced Learning*, pages 56–69. Springer.
- Colomo-Palacios, R., González-Carrasco, I., López-Cuadrado, J. L., and García-Crespo, Á. (2012). Resyster: A hybrid recommender system for scrum team roles based on fuzzy and rough sets.
- CONFEDI (1996). *Unificación Curricular de la Enseñanzas de las Ingenierías en la República Argentina: Modernización de las Enseñanzas de las Ingenierías - Proyecto ICI-CONFEDI (Libro Azul)*. Buenos Aires.
- CONFEDI (2006). *Competencias genéricas. Desarrollo de comeptencias en la enseñanza de la ingeniería argentina*. Universidad Nacional de San Juan, San Juan.

- CONFEDI (2017). *Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería*. Oro Verde.
- Conlan, O., Hampson, C., Peirce, N., and Kickmeier-Rust, M. (2009). Realtime knowledge space skill assessment for personalized digital educational games. In *2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 538–542. IEEE.
- Cukierman, U. (2018). Aprendizaje centrado en el estudiante: un enfoque imprescindible para la educación en ingeniería. *de Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería. Experiencias en América Latina, Bogotá, ACOFI/CONFEDI*, pages 27–39.
- Damiani, E., Ceravolo, P., Frati, F., Bellandi, V., Maier, R., Seeber, I., and Waldhart, G. (2015). Applying recommender systems in collaboration environments. *Computers in Human Behavior*, 51:1124–1133.
- De Alba, A. and Puiggrós, A. (1991). *Curriculum: crisis, mito y perspectivas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Humanidades, Centro
- De Pablos Pons, J. (2010). Higher Education and the Knowledge Society. Information and Digital Competencies. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 7(2).
- Duran, D., Chanchí, G., Arciniegas, J. L., and Baldassarri, S. (2016). A semantic recommender system for idtv based on educational competencies. In *Iberoamerican Conference on Applications and Usability of Interactive TV*, pages 47–61. Springer.
- Edwards, M., Sanchez-Ruiz, L. M., and Sanchez-Diaz, C. (2009). Achieving competence-based curriculum in engineering education in Spain. *Proceedings of the IEEE*, 97(10):1727–1736.
- El Asame, M., Wakrim, M., and Battou, A. (2022). Designing e-assessment activities appropriate to learner’s competency levels: Hybrid pedagogical framework and authoring tool. *Education and Information Technologies*, 27(2):2543–2567.
- Emmenegger, S., Hinkelmann, K., Laurenzi, E., Thönssen, B., Witschel, H. F., and Zhang, C. (2016). Workplace learning-providing recommendations of experts and learning resources in a context-sensitive and personalized manner: An approach for ontology supported workplace learning. In *2016 4th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development (MODELSWARD)*, pages 753–763. IEEE.
- EQF, C. E. (2009). *El Marco Europeo de Cualificaciones para el aprendizaje permanente (EQF-MEC)*. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
- Fernandez, J. L. and Hernandez, C. (2019). *Practical model-based systems engineering*. Artech House.
- Florian, B. and Fabregat, R. (2011). Usability study of tel recommender system and e-assessment tools united. In *International Conference on Human-Computer Interaction*, pages 138–142. Springer.
- Ghemri, F., Bouras, A., and Gasmi, H. (2017). Framework of experiential learning to enhance student skill. In *2017 7th World Engineering Education Forum (WEEF)*, pages 149–154.

- Gluga, R., Kay, J., and Lever, T. (2013). Foundations for modeling university curricula in terms of multiple learning goal sets. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 6(1):25–37.
- Harmse, A. and Wadee, A. A. (2020). Competency frameworks as activators for curriculum development in ict courses: A comparative study. In *2020 International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD)*, pages 1–8.
- Hedayati, M. H., Laanpere, M., and Ammar, M. A. (2017). Collaborative ontology maintenance with concept maps and Semantic MediaWiki. *International Journal of Information Technology*, 9(3):251–259.
- Isaias, P., Casaca, C., and Pifano, S. (2010). Recommender systems for human resources task assignment. In *2010 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, pages 214–221. IEEE.
- Juaneda-Ayensa, E., Olarte-Pascual, C., Emeterio, M. C. S., and Pelegrín-Borondo, J. (2019). Developing new “Professionals”: Service learning in marketing as an opportunity to innovate in higher education. *Studies in Educational Evaluation*, 60:163–169.
- Khobreh, M., Ansari, F., Dornhöfer, M., and Fathi, M. (2013). An ontology-based recommender system to support nursing education and training. In *Lwa*, pages 237–244.
- Khousa, E. A., Atif, Y., and Masud, M. M. (2015). A social learning analytics approach to cognitive apprenticeship. *Smart Learning Environments*, 2(1):14.
- Koshkin, V. V., Maslennikov, A. S., Steshina, L. A., Starigina, N. N., and Petukhov, I. V. (2015). In-House Monitoring over Student Competence Formation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 186:582–586.
- Kowalski, V. A., Morano, D. E., Erck, I. M., Cirimelo, S., and Enriquez, H. D. (2020). ¿Qué se debe cambiar para orientarse a un Enfoque Basado en Competencias?
- Kurzaeva, L. V., Povitukhin, S. A., Usataya, T. V., and Usatiy, D. U. (2020). The development of ontological model for increasing the competitiveness of university graduates in information technologies. *Journal of Physics: Conference Series*, 1691(1):012003.
- Le Boterf, G. (2001). *Ingeniería de las competencias*. Gedisa, Barcelona.
- Lee, Y.-G. (2012). Strengthening competency linkage to innovation at Korean universities. *Scientometrics*, 90(1):219–230.
- Ley, T., Kump, B., and Albert, D. (2010). A methodology for eliciting, modelling, and evaluating expert knowledge for an adaptive work-integrated learning system. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(4):185–208.
- Mao, K., Shou, L., Fan, J., Chen, G., and Kankanhalli, M. S. (2015). Competence-based song recommendation: Matching songs to one’s singing skill. *IEEE Transactions on Multimedia*, 17(3):396–408.
- May, D. and Ossenberg, P. (2014). Modelling competences: Developing a holistic competence model for engineering education. In *2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, pages 936–944. IEEE.

- Medina López, C., Alfalla Luque, R., and Marín García, J. A. (2010). Una propuesta metodológica para la realización de búsquedas sistemáticas de bibliografía.
- Montuschi, P., Lamberti, F., Gatteschi, V., and Demartini, C. (2015). A semantic recommender system for adaptive learning. *IT Professional*, 17(5):50–58.
- Morano, D., Micheloud, O., and Lozeco, C. (2005). *Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías (2005 - 2007). Documento preliminar. Modelo de Enseñanza de la Ingeniería Argentina*. XXXVII Reunión Plenaria., Santa Fe.
- Olivé, A. (2007). *Conceptual modeling of information systems*. Springer Science & Business Media.
- Ontiveros, E. P. H. and Antolinez, S. V. (2013). Design, construction and implementation of a professional education program of software engineering: Design curriculum experience for the software industry. In *2013 XXXIX Latin American Computing Conference (CLEI)*, pages 1–12.
- Ornellas, A., Falkner, K., and Edman Stålbrandt, E. (2019). Enhancing graduates' employability skills through authentic learning approaches. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, 9(1):107–120.
- Palma, M., Ríos, I. d. l., and Miñán, E. (2011). Generic competences in engineering field: a comparative study between Latin America and European Union. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15:576–585.
- Paquette, G. (2016). Competency-based personalization process for smart learning environments.
- Perrenaud, P. (2002). *Construir competencias desde la Escuela*. Dolmen, Santiago de Chile.
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., and Mattsson, M. (2008a). Systematic mapping studies in software engineering. In *12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) 12*, pages 1–10.
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., and Mattsson, M. (2008b). Systematic Mapping Studies in Software Engineering.
- Petersen, K., Vakkalanka, S., and Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64:1–18.
- Piedra, N. and Caro, E. T. (2018). Entrecomponento: An ontology for semantic representation of entrepreneurship competences. In *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, pages 1113–1118.
- Ramirez, C. and Sanchez, E. (2012). Competences memory map: A model for the representation of competences applied in education. In *2012 IEEE 11th International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing*, pages 363–371. IEEE.
- Reise, C. and Seliger, G. (2010). KNOWLEDGE BASED SYSTEMS FOR PLANNING LEARNING OUTCOMES IN MANUFACTURING ENGINEERING. page 9.
- Rodríguez, P. A., Ovalle, D. A., and Duque, N. D. (2015). A student-centered hybrid recommender system to provide relevant learning objects from repositories. In *In-*

- ternational Conference on Learning and Collaboration Technologies*, pages 291–300. Springer.
- Romero, L., Saucedo, C., Caliusco, M. L., and Gutierrez, M. (2019). An ontology for describing competency-based curriculum at engineering careers. In *2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pages 1–7.
- Sedelmaier, Y., Landes, D., and Erculei, E. (2021). How to design a competence-oriented study program for data scientists? In *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 1582–1586.
- Shankararaman, V. and Ducrot, J. (2016). Leveraging competency framework to improve teaching and learning: A methodological approach. *Education and Information Technologies*, 21(5):1299–1327.
- Stancin, K., Poscic, P., and Jaksic, D. (2020). Ontologies in education – state of the art. *Education and Information Technologies*, 25(6):5301–5320.
- Takada, S., Cuadros-Vargas, E., Impagliazzo, J., Gordon, S., Marshall, L., Topi, H., van der Veer, G., and Waguespack, L. (2020). Toward the visual understanding of computing curricula. *Education and Information Technologies*, 25(5):4231–4270.
- Tobón Tobón, S. (2013). Formación basada en competencias: pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica. Technical report.
- Tobón Tobón, S. (2015). *Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación*. Ecoe, Bogotá, Col. OCLC: 958434885.
- Ulseth, R., Ewert, D., and Johnson, B. (2011). Work in progress — implementation of a project-based learning curriculum. In *2011 Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages F1F–1–F1F–2.
- Villalobos, J., González, O., Jiménez, C., and Rueda, F. (2011). Curricula design model for designing and evaluating systems and computing engineering programs. In *2011 Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages S4E–1–S4E–7.
- Wang, N. (2016). *Towards a competency recommender system from collaborative traces*. PhD thesis, Université de Technologie de Compiègne.
- Wieggers, K. and Beatty, J. (2013). Software requirements: 3-rd edition. *J. Beatty.- Washington: MS Press*.
- Yago, H., Clemente, J., and Rodriguez, D. (2018). Competence-based recommender systems: a systematic literature review. *Behaviour & Information Technology*, 37(10-11):958–977.