

Validación de Competencias en Titulaciones Universitarias Usando Minería de Datos

Álvaro García Piquer, Albert Fornells Herrera, Elisabet Golobardes Ribé y Laia Cugota Florejachs

Title—Assessment of Competences in University Degrees Using Data Mining Techniques.

Abstract—Nowadays the successful acquisition of competences is the base for the achievement of the professional skills and, consequently, the educational methodologies need to be reconsidered. This work describes a methodological procedure proposed to help educational experts to assess if the competences developed in a degree program are really acquired by the student. Due to the huge amount of information, this analysis is addressed through Data Mining techniques. The procedure has been successfully tested in the Computer Engineering and in the Telecommunication Engineering degrees of our institution. The analysis of results allowed experts to identify some non promoted competences.

Index Terms—Competences, Education, Engineering, European Higher Education Area, Data Mining, Clustering.

I. INTRODUCCIÓN

Las nuevas necesidades de la sociedad están promoviendo la mejora de las metodologías educacionales en las universidades. En Europa, estas adaptaciones son consecuencia del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) [1], donde los modelos educacionales han sido redefinidos centrándose en ofrecer al estudiante competencias específicas como base del aprendizaje de conocimientos de su titulación [2], [3], [4]. Una competencia es un conjunto de habilidades, conocimientos y actitudes que una persona ha de poseer para ser capaz de realizar satisfactoriamente un tarea específica [5]. Es importante resaltar que la tipología de las competencias está estrechamente relacionada con la metodología usada para impartir las asignaturas y la forma de evaluar a los estudiantes. Por ejemplo, una asignatura técnica en la que los alumnos han de realizar presentaciones orales, desarrollará competencias como “comunicación oral”. Nuestra institución obtuvo el reconocimiento europeo mediante el certificado que garantizaba haberse adaptado al Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (ECTS,

29467-IC-1-2005-1-ES-ERASMUS_ECTSL) y el Suplemento al Diploma (DS, 29467-IC-1-2005-1-ES-ERASMUS_ECTSDS) en 2005. Ambas menciones fueron el resultado de especificar las competencias que los estudiantes deberían adquirir en las titulaciones impartidas. Para ello, en este proceso fue necesario definir las competencias que trabaja cada asignatura. A partir de estas menciones, La Salle tuvo que validar si las competencias que fueron especificadas en el ECTS estaban siendo realmente adquiridas por los alumnos en las asignaturas.

Este trabajo describe el procedimiento metodológico que se llevó a cabo para realizar dicha validación, el cual se centra en analizar los datos del sistema de información de la universidad, donde los profesores habían especificado las competencias, las metodologías educacionales y los métodos de evaluación para cada una de las asignaturas. El análisis sigue el siguiente proceso: (1) agrupar las competencias según la importancia con la que han sido especificadas en el programa de la titulación; (2) agrupar las competencias según la importancia con la que son trabajadas por las asignaturas, y; (3) analizar si la relevancia de las competencias en la titulación es la misma que en las asignaturas. El análisis de los datos se realizó mediante técnicas de Minería de Datos (*Data Mining*) [6], [7], las cuales permiten agrupar los datos según sus similitudes y extraer relaciones entre los grupos encontrados. Los resultados de este análisis ayudaron a los responsables de la titulación a ejecutar las acciones correctivas oportunas para garantizar la correcta obtención de las competencias especificadas en el programa de la titulación.

El artículo se estructura de la siguiente manera. La Sección II resume el trabajo relacionado con la validación de competencias. La Sección III introduce brevemente a las técnicas de Minería de Datos. La Sección IV presenta el proceso propuesto para evaluar la adquisición de competencias. La Sección V describe la experimentación y comenta los resultados obtenidos. En la última sección se comentan las conclusiones y líneas de futuro.

II. TRABAJO RELACIONADO

A lo largo de los últimos años han tenido lugar diversos proyectos centrados en adaptar las metodologías educacionales para promover las competencias más adecuadas a las necesidades de la sociedad. Entre todos ellos podemos

A. García-Piquer, A. Fornells, E. Golobardes pertenecen al *Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes* (GRSI) de *La Salle – Universitat Ramon Llull*, c/ Quatre Camins nº 2, 08022, Barcelona, España (e-mail: {alvarog, afornells, elisabet}@salle.url.edu).

L. Cugota Florejachs *La Salle – Universitat Ramon Llull*, c/ Quatre Camins nº 2, 08022, Barcelona, España (e-mail: laiacf@salle.url.edu).

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente.

citar el proyecto *Tuning*, el cual consiste en proponer puntos de referencia para las competencias genéricas y específicas de las disciplinas de una serie de ámbitos temáticos, entre los que no se incluyen titulaciones de ingeniería. Este proyecto tiene dos versiones, una enmarcada dentro de las titulaciones impartidas en Europa [3], [4] y otra centrada en las titulaciones que se realizan en América Latina [8].

Respecto las titulaciones de ingeniería, existen varios estudios centrados en identificar cuáles son las competencias más importantes que necesita un ingeniero. En este sentido, el informe Reflex [9] fue elaborado en un proyecto denominado “*The flexible professional in the knowledge society. New demands on higher education in Europe*” centrado en el contexto europeo. El principal objetivo del estudio era identificar las competencias más importantes que los ingenieros necesitan potenciar. Alrededor de 40000 estudiantes fueron entrevistados en 14 países europeos. En el contexto americano también existe un proyecto similar centrado en las ingenierías denominado *CDIO Syllabus* [2]. Además, existen dos interesantes estudios españoles centrados en la titulación de telecomunicaciones. Uno fue realizado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT) [10] y el otro fue realizado por la Asociación Catalana de Ingenieros de Telecomunicación [11]. También en el ámbito de las universidades españolas podemos citar la “*Guía para la evaluación de competencias en el área de Ingeniería y Arquitectura*” [12], así como trabajos más acotados y centrados en la adaptación de una titulación concreta de ingeniería [13] o, incluso, de una única asignatura [14], [15].

Por otro lado, esta no es la primera vez que las técnicas de Minería de Datos son usadas para ayudar a los expertos en la adaptación de metodologías educacionales [12]. En un trabajo previo, se aplicaron técnicas de *clustering* para identificar tipos de asignaturas [16]. Estos grupos ayudaron a los expertos a decidir la mejor metodología educacional a aplicar acorde a las necesidades de las asignaturas.

III. TÉCNICAS DE MINERÍA DE DATOS

La evolución de la tecnología informática, en términos de velocidad y capacidad de almacenamiento, ha permitido el desarrollo de sistemas de información caracterizados por gestionar grandes volúmenes de información. Esto ha motivado la necesidad de la definición de nuevas estrategias para procesar los datos y ayudar a los expertos a identificar y entender las relaciones ocultas entre los datos.

La Minería de Datos se define como el proceso de extraer y descubrir automáticamente conocimiento útil e inteligible a partir de un gran volumen de información [17]. Los métodos que se centran en agrupar la información en base a un conjunto de criterios se denomina *clustering* [18] y ofrecen a los expertos una posible clasificación o categorización de los elementos. El resultado de aplicar una técnica de *clustering* es una serie de grupos (también denominados *clusters*), donde cada uno contiene un conjunto de elementos similares. Por lo

tanto, los elementos pertenecientes a un grupo son similares entre ellos pero diferentes a los de otros *clusters*. Los métodos de *clustering* pueden clasificarse de acuerdo a una serie de características [19]: (1) las relaciones entre los *clusters*; (2) el proceso de construcción de los *clusters*; (3) el criterio tenido en cuenta para realizar la agrupación, y; (4) la relación entre los elementos y los *clusters*. *K-means* [20], SOM [21] y CAOS [22] son ejemplos de algoritmos representativos. Uno de los principales inconvenientes de las técnicas de *clustering* es que no existe una única posible solución porque la información puede verse desde muchos puntos de vista y, obviamente, se desconoce la solución óptima que se busca. Por este motivo, la práctica habitual es elegir la mejor solución mediante métodos de validación para corroborar la fiabilidad de los grupos [23]. Los métodos de validación pueden ser usados principalmente desde dos puntos de vista. Por un lado, se pueden usar para evaluar una única solución usando el criterio de un experto (*external criteria*) o usando una métrica basada en los datos originales (*internal criteria*). Por otro lado, encontramos los métodos centrados en comparar varias soluciones y ordenarlas (*relative criteria*) según un índice de validación. Los índices de validación son métricas que indican la calidad de una agrupación considerando la compactación y separación de los grupos. Los índices de validación más utilizados son *Davies-Bouldin* [24], *Dunn's* [25] y *SD* [26].

IV. VALIDACIÓN DE COMPETENCIAS

A fin de validar si las competencias de una titulación son realmente adquiridas por el alumno, el primer paso es analizar si las asignaturas proveen a los estudiantes de las competencias esperadas. Sería lógico pensar que la suma de asignaturas de una titulación ha de trabajar las mismas competencias y en el mismo grado que las competencias que se desean obtener en un alumno titulado. Sin embargo, esto no es cierto ya que realmente puede haber competencias que no se están trabajando en las asignaturas como se especifica en la titulación. Esto es debido, como ya hemos comentado anteriormente, a que la adquisición de competencias está relacionada con las metodologías educacionales y los métodos de evaluación usados en las asignaturas.

Esta sección propone un procedimiento metodológico basado en tres etapas (ver Figura 1) para validar si se están trabajando correctamente en las asignaturas las competencias estipuladas en la titulación. Las dos primeras etapas se centran en agrupar las competencias de una titulación y las competencias de todas las asignaturas de ésta respectivamente. La elección del número óptimo de grupos se obtiene usando el método de validación *relative criteria*. La última etapa compara los grupos obtenidos para identificar las diferencias. A continuación se describen estas etapas.

A. Agrupación de las competencias de una titulación

El objetivo es agrupar las competencias teniendo en cuenta su nivel de importancia (nivel de conocimiento esperado) en la titulación. Esta importancia depende de las siguientes cinco categorías evaluadas desde 0 (menos relevante) hasta 4 (más relevante) por los docentes y los responsables de la titulación:

- Haber tenido experiencia o haber estado expuesto a la competencia.
- Ser capaz de participar y contribuir en la competencia.
- Ser capaz de entender y explicar la competencia.
- Tener habilidad en la práctica o la implementación de la competencia.
- Ser capaz de innovar o liderar en la competencia.

Para obtener la agrupación de datos más adecuada, se realizan varias agrupaciones con diferentes configuraciones del algoritmo de *clustering* utilizado. El resultado obtenido es un conjunto de soluciones donde la mejor es seleccionada usando *relative criteria* como método de validación de *clustering*. La solución seleccionada contendrá varios grupos donde cada uno tiene un conjunto de competencias con similar nivel de importancia.

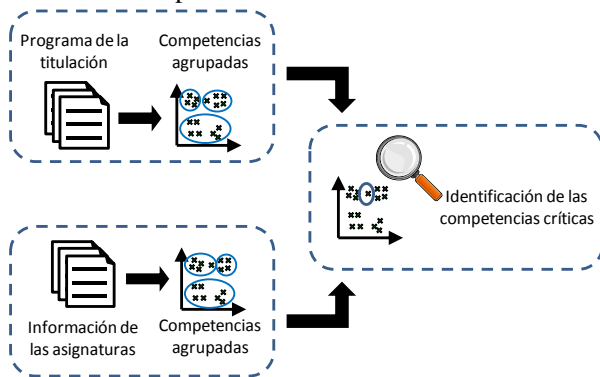


Figura 1. Proceso para la identificación de competencias críticas.

B. Agrupación de las competencias de las asignaturas

El objetivo es agrupar las competencias en base al nivel de importancia de éstas en las asignaturas. La importancia de una competencia depende del número de asignaturas que la trabajan.

El algoritmo de *clustering* se configura para agrupar las competencias en el mismo número de grupos que en la etapa anterior. Esto es necesario porque en la siguiente etapa se compararán los grupos resultantes de ambas etapas, y para ello es necesario disponer del mismo número de grupos resultantes. Prevalece el número de grupos identificado en la primera de ellas debido a que, al referirse a la información de la titulación, nos indica los niveles de importancia de competencias que deberían existir dentro de dicha titulación.

C. Comparación de las agrupaciones

La última etapa consiste en evaluar si los grupos obtenidos en las dos etapas anteriores son similares. La evaluación se centra en comparar si los grupos agrupan las mismas competencias en el mismo nivel de importancia, para poder

TABLA I
COMPETENCIAS SELECCIONADAS PARA LAS TITULACIONES
DE INGENIERÍA EN LA SALLE

Identificador	Competencia
C01	Capacidad para comunicarse con personas no expertas en la materia
C02	Habilidad para trabajar de forma autónoma
C03	Capacidad de trabajar en un equipo interdisciplinar
C04	Habilidad para trabajar en un contexto internacional
C05	Apreciación de la diversidad y multiculturalidad
C06	Conocimientos generales básicos sobre el área de estudio
C07	Capacidad de análisis y síntesis
C08	Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
C09	Capacidad para generar nuevas ideas (creatividad)
C10	Capacidad de organizar y planificar
C11	Capacidad para adaptarse a nuevas situaciones
C12	Capacidad de aprender
C13	Preocupación por la calidad y mejora continua
C14	Capacidad crítica y autocrítica
C15	Toma de decisiones
C16	Habilidades básicas de manejo del ordenador
C17	Sensibilidad por el medio ambiente
C18	Compromiso ético
C19	Conocimientos básicos de la profesión
C20	Habilidades de gestión de la información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas)
C21	Iniciativa y espíritu emprendedor
C22	Habilidades interpersonales
C23	Conocimientos en alguna especialidad de formación
C24	Conocimiento de una segunda lengua
C25	Liderazgo
C26	Comunicación oral y escrita en la propia lengua
C27	Resolución de problemas
C28	Diseño y gestión de proyectos
C29	Habilidades de investigación
C30	Trabajo en equipo
C31	Conocimiento de culturas y costumbres de otros países
C32	Motivación de logro

La primera columna indica el identificador de la competencia, y la segunda columna es el nombre de la competencia.

identificar las competencias críticas. Una competencia crítica es aquella que no se trabaja en las asignaturas como se debería y, consecuentemente, la competencia no se da con el nivel requerido en la titulación aunque esté especificada en el programa de ésta.

V. CASO DE ESTUDIO: INGENIERÍA INFORMÁTICA E INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

El proceso de validación de competencias se ha llevado a la práctica en las titulaciones de Ingeniería Informática (segundo ciclo) y de Ingeniería de Telecomunicaciones (segundo ciclo) impartidas por nuestra institución. Inicialmente describiremos los datos extraídos del sistema de información de la universidad y, a continuación, expondremos los resultados de aplicar el proceso propuesto.

A. Sistema de información de la universidad

Los datos referentes a las competencias proceden del sistema de información de la universidad. Estos datos han sido introducidos por los profesores de las asignaturas y por los responsables de cada titulación. Por un lado encontramos

TABLA II
EJEMPLO DE LA RELEVANCIA DE LAS COMPETENCIAS
SEGÚN UNA TITULACIÓN

Competencia	a	b	c	d	e
Capacidad para comunicarse con personas no expertas en la materia	1.6	2	2.4	2	1.2
Habilidad para trabajar de forma autónoma	4	2.4	3	3.8	1.6
...
Conocimiento de culturas y costumbres de otros países	0.2	0	0	0	0
Motivación de logro	3	2	1.8	1.8	1.6

La primera columna indica el nombre de la competencia, el resto de columnas indican la evaluación de las cinco categorías detalladas en la sección IV-A.

TABLA III
EJEMPLO DE LA RELEVANCIA DE LAS COMPETENCIAS
SEGÚN LAS ASIGNATURAS DE UNA TITULACIÓN

Competencia	Número de asignaturas
Capacidad para comunicarse con personas no expertas en la materia	0
Habilidad para trabajar de forma autónoma	18
...	...
Conocimiento de culturas y costumbres de otros países	0
Motivación de logro	5

La primera columna indica el nombre de la competencia, y la segunda columna indica el número de asignaturas que ofrecen cada competencia en una titulación.

entre estos datos las 32 competencias (ver Tabla I) consideradas como relevantes por profesores y los responsables de las titulaciones, y que están basadas en las expuestas por el proyecto *Tuning Europa* [3], [4]. Por otro lado, el sistema también dispone de los datos referentes a la evaluación de cada competencia según las cinco categorías [2] detalladas en la Sección IV-A para cada una de las titulaciones. La Tabla II muestra un ejemplo parcial de una titulación. Finalmente, el resto de información extraída del sistema es el número de asignaturas que trabajan una determinada competencia en una titulación, tal como muestra el ejemplo de la Tabla III.

B. Experimentación

El algoritmo de *clustering* seleccionado para identificar los grupos de competencias ha sido el *K-means* [20] disponible en la herramienta Weka [17], ya que se adapta a los requisitos en términos de tipología de datos. Esta herramienta de libre distribución de la Universidad de Waikato ofrece un conjunto de algoritmos de Minería de Datos que pueden utilizarse sin necesidad de implementarlos. Incluye algoritmos de preprocesamiento y visualización de datos, clasificación, regresión, *clustering* y obtención de reglas de asociación. Concretamente, el algoritmo *K-means* consiste en agrupar los elementos de entrada en k *clusters* circulares, según la distancia de cada uno respecto al centro de cada *cluster* (centroide). El proceso es el siguiente:

- Paso 1. Se eligen aleatoriamente k elementos que serán los representantes (centroides) de cada uno de los k *clusters* a encontrar.
- Paso 2. Se asocia cada uno de los elementos al *cluster* con el centroide más similar.
- Paso 3. Se recalculan los centroides de cada *cluster* como la media de los elementos de cada uno de ellos.
- Paso 4. El objetivo es optimizar una función objetivo que tiene en cuenta los atributos de cada elemento, por lo que se repiten los pasos 2 y 3 hasta que se alcance una convergencia.

Así mismo, el método de validación de *clusters* escogido ha sido *relative criteria* con el índice de validación *Dunn's*, debido a que se adapta de manera precisa a la forma de los *clusters* obtenidos por *K-means*. Este índice valora cada una de las agrupaciones teniendo en cuenta la distancia entre los *clusters* y la separación entre los elementos de cada uno, tal y como se indica en (1), (2) y (3). Sea D el índice a calcular. Sea $deuc(x,y)$ la distancia euclidiana entre los elementos x e y . Sea c_i el *cluster* i . Sea n_c el número de *clusters*.

$$D = \min_{i=1..n_c} \left\{ \min_{j=i+1..n_c} \left(\frac{d(c_i, c_j)}{\max_{k=1..n_c} (diam(c_k))} \right) \right\}$$

(1)

$$d(c_i, c_j) = \min_{x \in c_i, y \in c_j} (deuc(x, y))$$

(2)

$$diam(c_i) = \max_{x, y \in c_i} (deuc(x, y))$$

(3)

Finalmente, el número de asignaturas en la titulación de Ingeniería Informática y en la de Telecomunicaciones es de 64 y 70 respectivamente. El número óptimo de grupos obtenidos aplicando estos métodos en la titulación de Ingeniería Informática es de 3 y en la de Ingeniería de Telecomunicaciones es de 4. Esto significa que se han identificado 3 y 4 niveles de importancia respectivamente.

Las Figuras 2 y 3 muestran las competencias críticas después de haber comparado los grupos resultantes de las dos primeras etapas en ambas titulaciones. Es importante destacar que existen situaciones donde una competencia no debería estar trabajada por una titulación y, sin embargo, sí lo está por el global de las asignaturas. Este es el caso de las competencias C07 y C026 en la titulación de Telecomunicaciones. Aunque no se considera un problema, los expertos deben revisar si esta competencia es necesaria.

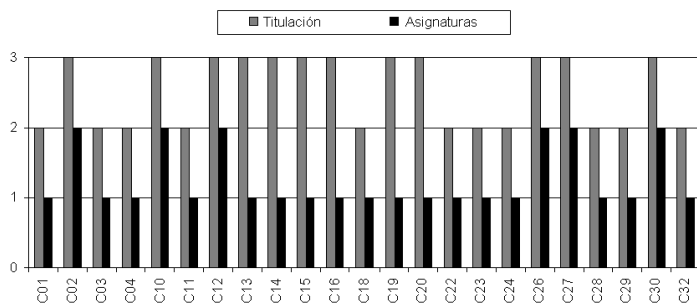


Figura 2. Competencias que deberían ser revisadas en la titulación de Ingeniería Informática. El eje horizontal son las competencias definidas en la Tabla I. El eje vertical indica la importancia del *cluster* en el cual se ha agrupado la competencia.

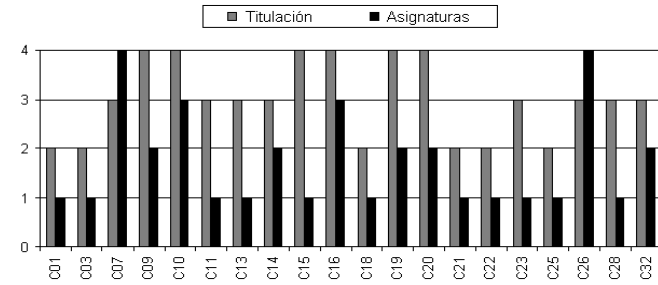


Figura 3. Competencias que deberían ser revisadas en la titulación de Ingeniería de Telecomunicaciones. El eje horizontal son las competencias definidas en la Tabla I. El eje vertical indica la importancia del *cluster* en el cual se ha agrupado la competencia.

Analizando la titulación de Ingeniería Informática, podemos ver que existen varias competencias que no se adquieren en las asignaturas como está estipulado en el programa de la titulación. Entre todas ellas, podemos resaltar seis competencias verdaderamente críticas, ya que se trabajan con una importancia muy por debajo de la esperada:

- Preocupación por la calidad y mejora continua.
- Capacidad de crítica y autocrítica.
- Toma de decisiones.
- Habilidades básicas de manejo del ordenador.
- Conocimientos básicos de la profesión.
- Habilidades de gestión de la información.

Por otro lado, bajo el mismo criterio anterior, podemos resaltar ocho competencias críticas en la titulación de Ingeniería de Telecomunicaciones:

- Capacidad para generar nuevas ideas.
- Capacidad para adaptarse a nuevas situaciones.
- Preocupación por la calidad de la mejora continua.
- Toma de decisiones.
- Conocimientos básicos de la profesión.
- Habilidades de gestión de la información.
- Conocimientos en alguna especialidad de formación.
- Diseño y gestión de proyectos.

Las competencias críticas fueron examinadas por los expertos en educación y comparadas con otros estudios [9],

[10], [11], y aplicaron posteriormente los ajustes necesarios en las asignaturas de ambas titulaciones. Después de haber realizado estas adaptaciones, las dos titulaciones permiten adquirir las competencias estipuladas en los programas de éstas.

VI. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE FUTURO

Uno de los principales objetivos del Espacio Europeo de Educación Superior es adaptar los modelos educacionales a las nuevas necesidades de la sociedad. Concretamente, el nuevo punto de vista se basa en proporcionar al estudiante competencias específicas como base para aprender conocimientos.

Este trabajo se ha centrado en presentar un procedimiento que se definió para validar si las competencias especificadas en los programas de las titulaciones de Ingeniería en Informática y de Ingeniería de Telecomunicaciones se trabajaban por las asignaturas de las respectivas titulaciones. El proceso de validación está basado en tres etapas, dos de las cuales se centran en el uso de técnicas de Minería de Datos para agrupar las competencias que se trabajan en las asignaturas, así como las que se deberían adquirir al finalizar la titulación. Usando esta información, se comparan las similitudes entre ambas agrupaciones para detectar carencias en la titulación analizada. Es interesante destacar que el procedimiento propuesto se puede aplicar en otras titulaciones e incluso en ámbitos donde exista una problemática similar.

Los resultados obtenidos permitieron identificar una serie de competencias críticas que mediante la revisión y modificación de las competencias trabajadas por las asignaturas, ha permitido garantizar la adquisición de las competencias necesarias en las titulaciones analizadas. Las líneas de futuro se centran en (1) la supervisión de las metodologías educacionales y de los métodos de evaluación usados en cada asignatura para que un cambio en estos no afecte a las competencias que deben trabajarse en una asignatura, y; (2) en aplicar el mismo procedimiento de identificación de competencias críticas y su posterior adaptación al resto de titulaciones impartidas en nuestra institución.

VII. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido respaldado por la *Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari Català* mediante el proyecto *Guía para la evaluación de competencias en el área de Ingeniería y Arquitectura* (IUE/3013/2007), la *Generalitat de Catalunya* (2009SGR-183), y el *Comissionat per a Universitats i Recerca del DIUE* de la *Generalitat de Catalunya* y del Fondo Social Europeo (FI-DGR 2010, DOGC núm. 5456 – 2.9.2009). Agradecemos a *La Salle-Universitat Ramon Llull* el soporte que da a nuestra investigación.

REFERENCIAS

- [1] Bologna Declaration. The european higher education area. *Joint Declaration of the European Ministers of Education*, 1999.
- [2] E. F. Crawley. *The CDIO Syllabus: A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education*. Massachusetts Institute of Technology, 2001.
- [3] J. Gonzalez , y R. Wagenaar. *Tuning Educational Structures in Europe. Final Report Phase I*. University of Deusto, Bilbao, 2003.
- [4] J. Gonzalez, y R. Wagenaar. *Tuning Educational Structures in Europe. Final Report Phase II*. University of Deusto, Bilbao, 2005.
- [5] P. Hager, y A. Gonczí. General issues about assessment of competence. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 19, 1994.
- [6] U. M. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth, y R. Uthurusamy. *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*. AAAI/MIT Press, 1996.
- [7] J. Hernández, M.J. Ramírez, y C. Ferrí. *Introducción a la Minería de Datos*. Pearson, Madrid, 2004.
- [8] P. Beneitone, C. Esquetini, J. González, M. M. Maletá, G. Siufi, R. Wagenaar. *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. Informe final. Proyecto Tuning.*. University of Deusto, Bilbao, 2007.
- [9] Reflex project. *Executive summary: The flexible professional in the knowledge society*. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), 2007.
- [10] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación y Asociación de Empresas de Electrónica. *Informe Pafet V: Competencias profesionales y necesidades formativas en el sector de servicios que hacen un uso intensivo de las TIC*. Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones de España, 2007.
- [11] A. Llorens. *Study of the professional profile of the engineers in the IT context*. Catalan Association of Telecommunication Engineers (ACET), 2008.
- [12] E. Golobardes y L. Madrazo (coord.). *Guía para la evaluación de competencias en el área de Ingeniería y Arquitectura*. Guías de evaluación de competencias. AQU Catalunya. B-27.204-2009, 2009. <http://www.aqu.cat/publicacions/guies_competencies/guia_enginyeria_arquitectura_es.html> [consulta: 3 de febrero de 2010].
- [13] J. Garcia, F. Sánchez, y R. Gavaldà. Recomendaciones para el diseño de una titulación de Grado en Informática. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje (RITA)*, 2(2):99–107, 2007.
- [14] P. Alcover, J. Suardíaz, y P. Navarro. Adaptación de la docencia de una asignatura de criptografía a las recomendaciones del Espacio Europeo de Educación Superior. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje (RITA)*, 4(2):95–101, 2009.
- [15] Á. Crespo, R. Colomo, y J. Gómez. La asignatura “Expresión Oral y Escrita” dentro del Grado en Ingeniería Informática adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje (RITA)*, 4(2):102–108, 2009.
- [16] A. Garcia-Piquer, A. Fornells, E. Golobardes, y L. Cugota. Identification of subject typologies through artificial intelligence techniques to study the competences achievement of the new computer engineers. En *39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*. IEEE, 1439 Session T3D, 2009.
- [17] I. H. Witten, y E. Frank. *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. Morgan Kaufmann Publishers, 2005.
- [18] R.O. Duda, P.E. Hart, y D.G. Stork. *Pattern Classification*. John Wiley & Sons, Inc, 2000.
- [19] G. Gan, M. Chaoqun, y J. Wu. *Data Clustering Theory, Algorithms, and Applications*. ASA-SIAM, 2007.
- [20] J. MacQueen. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. En *Proceedings of the 5th Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, volumen 1, páginas 281–297. CA: University of California Press, 1967.
- [21] T. Kohonen. *Self-organizing map*. Springer, 3 edition, 2000.
- [22] G. Corral, A. Garcia-Piquer, A. Orriols-Puig, A. Fornells, y E. Golobardes. Multiobjective evolutionary clustering approach to security vulnerability assessments. En *4th International Conference on Hybrid Artificial Intelligence Systems*, Lecture Notes in Computer Science. Springer, páginas 597-604, 2009.
- [23] C. Legány, S. Juhász, y A. Babos. Cluster validity measurement techniques. En *Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Artificial Intelligence*, Knowledge Engineering and Data Bases, páginas 388–393, 2006.
- [24] D. Davies y D. Bouldin. A cluster separation measure. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1(2):224–227, 1979.
- [25] J. Dunn. A fuzzy relative of the isodata process and its use in detecting compact well-separated clusters. *Journal of Cybernetics*, 3(3):32–57, 1974.
- [26] M. Halkidi, M. Vazirgiannis, y Y. Batistakis. Quality scheme assessment in the clustering process. En *Proceedings of the 4th European Conference on Principles of Data Mining and Knowledge Discovery*, páginas 265–276. Springer-Verlag, 2000.



Álvaro García Piquer (Barcelona, 1983) se licenció en Ingeniería Superior en Informática por la *Universitat Ramon Llull* en 2007 y actualmente está realizando el doctorado en el ámbito de la inteligencia artificial.

Es miembro del Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes de *Enginyeria i Arquitectura La Salle* de la *Universitat Ramon Llull* desde el 2005 y su línea de investigación se centra en la aplicación de técnicas de minería de datos para la identificación de patrones

en el ámbito de la educación, la telemática y el sector energético. Es profesor del departamento de informática desde el 2006 y ha participado en 3 proyectos de investigación de convocatorias públicas, y hasta el momento ha dirigido 1 proyecto final de carrera y 1 trabajo final de carrera.

Álvaro García recibió en el 2010 una beca para la formación de personal investigador por parte de la *Generalitat de Catalunya* para la realización de su doctorado.



Dr. Albert Fornells Herrera (Barcelona, 1980) obtuvo el grado de Licenciatura en Informática Superior en 2003 y el grado de Doctor bajo el programa de doctorado de Tecnologías de la Información y la Comunicación y su Gestión en el 2007 en por la *Universitat Ramon Llull*.

Desde 2000 es miembro del Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes del departamento de informática de *Enginyeria i Arquitectura La Salle* de la *Universitat Ramon Llull* donde compagina tareas

de investigación, participación en proyectos y docencia. En el 2008 se incorpora como profesor asociado y actualmente es uno de los responsables de la dirección operativa del grupo de investigación. Sus intereses de investigación se centran en la organización y explotación del conocimiento mediante técnicas de minería de datos con el objetivo de la identificación de patrones y tareas de predicción en el campo del cáncer de melanoma, la educación y la telemática. En los últimos 8 años ha participado en 6 proyectos de investigación financiados por convocatorias públicas y ha realizado más de 30 publicaciones en congresos y revistas internacionales. Actualmente es el coordinador de un máster de minería de datos. Ha dirigido hasta ahora 6 proyectos final de carrera y 4 trabajos final de carrera.

El Dr. Albert Fornells recibió una beca para la formación de personal investigador por parte de la *Generalitat de Catalunya* en el 2003 para la realización de su doctorado y en el 2007 su tesis doctoral obtuvo el premio extraordinario de la universidad a la mejor tesis doctoral. En el 2008 su trayectoria académica y de investigación fue acreditada por parte de la agencia para la calidad del sistema universitario de Cataluña. Desde el 2009 es miembro del *IEEE Spanish Chapter of the IEEE Systems, Man & Cybernetics Society*.



Dra. Elisabet Golobardes Ribé (Barcelona, 1967) es Licenciada en Informática por la *Universitat Politècnica de Catalunya* (1992) y doctora en Informática desde el 1998 por la *Universitat Ramon Llull* (URL).

En el 1996 fue una de las responsables en liderar la creación del Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes en el departamento de informática de *Enginyeria i Arquitectura La Salle* de la *Universitat Ramon Llull*. Desde el año 1998 es la coordinadora

del área de inteligencia artificial denominada Razonamiento Basado en Casos (CBR) del grupo. A lo largo de estos años ha participado como investigadora en 29 proyectos de I+D financiados en convocatorias públicas, de los cuales en 7 ha sido la investigadora principal (IP). Ha dirigido 3 tesis doctorales y 5 suficiencias investigadoras. Por lo que se refiere a sus publicaciones internacionales y nacionales cabe destacar 18 publicaciones en revistas, 69 publicaciones en libros, y también 61 contribuciones en congresos.

La Dra. Elisabet Golobardes es desde el 2003 es la directora de la Escuela Técnica Superior en Ingeniería Electrónica e Informática (ETSEEI) *La Salle-Universitat Ramon Llull*. Es la vicedecana de la Defensa de la Profesión (desde 2005) y miembro del Consejo Asesor (desde 2007) del Colegio Oficial de Ingeniería Informática de Cataluña. Asimismo es la vicedecana de Relaciones Institucionales del Colegio Oficial de Ingeniería Técnica en Informática. Finalmente, es Profesora Titular de Universidad por la *Universitat Ramon Llull* desde el año 2000 y en el 2003 su trayectoria académica e investigadora fue acreditada por parte de la agencia para la calidad del sistema universitario de Cataluña. Ha dirigido hasta ahora 22 proyectos final de carrera y 17 trabajos final de carrera.



Laia Cugota Florejachs (Lleida, 1983) se licenció en Ingeniería Superior de Telecomunicaciones y obtuvo el Máster Universitario en Redes de Telecomunicación ambos por la *Universitat Ramon Llull* en 2009.

Desde 2008 trabaja en la adaptación y el impacto del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) en el ámbito de las competencias y su evaluación en la Escuela Técnica Superior en Ingeniería Electrónica e Informática (ETSEEI) *La Salle-Universitat Ramon*

Llull. Laia Cugota ha participado en 1 proyecto de investigación de convocatoria pública.