



Departamento de Informática y Automática

Sistemas guiados por datos para analizar, apoyar y
mejorar la interacción y experiencia de los usuarios

Tesis Doctoral

Resumen extendido en castellano

Doctorando

Juan Cruz Benito

Directores

Dr. D. Roberto Therón Sánchez

Dr. D. Francisco José García Peñalvo

Julio 2018

El presente documento contiene el resumen extendido y en castellano de la tesis doctoral titulada “On data-driven systems analyzing, supporting and enhancing users’ interaction and experience” (“Sistemas guiados por datos para analizar, apoyar y mejorar la interacción y experiencia de los usuarios”). Dicho resumen extendido contiene distintos capítulos y secciones de la tesis escrita en inglés traducidos al castellano. Entre los contenidos incluidos están el índice de contenidos, la introducción, la discusión general, las conclusiones de la tesis y las referencias empleadas.

El objetivo de este resumen extendido en castellano es cumplir el art.14.3 del reglamento de Tesis Doctorales de la Universidad de Salamanca “Si la tesis doctoral está redactada en un idioma diferente al castellano, se acompañará de un documento, avalado por el Director de la misma, en el que consten el título, el índice, la introducción, un resumen significativo y las conclusiones de la tesis doctoral en castellano”

Salamanca, 11 Julio 2018.

Juan Cruz Benito

Doctorando

Dr. D. Roberto Therón Sánchez

Director

Dr. D. Francisco José García Peñalvo

Director

Índice de Contenidos

1	Introducción.....	1
1.1	Contexto de la investigación	2
1.2	Hipótesis y objetivos	6
1.3	Metodología	9
1.4	Marco de trabajo.....	11
1.5	Estructura del documento.....	12
2	Estado del arte en sistemas y arquitecturas software apoyando la Interacción-Persona Ordenador	13
2.1	Introducción.....	13
2.2	Metodología	13
2.2.1	Planificación de la revisión y el mapeo.....	13
2.2.2	Proceso de revisión y mapeos	16
2.3	Resultados del Mapeo Sistemático de la Literatura.....	18
2.4	Resultados de la Revisión Sistemática de la Literatura.....	25
2.5	Análisis de las soluciones propuestas.....	38
2.6	Amenazas a la validez de esta revisión sistemática.....	50
3	Investigación experimental.....	53
3.1	Mejorar la experiencia de usuario en mundos virtuales y proporcionar feedback sobre su interacción a distintos tipos de usuarios.....	57
3.1.1	Contexto.....	57
3.1.2	Objetivos.....	59
3.1.3	Materiales y métodos.....	60
3.1.4	Resultados.....	66
3.1.5	Discusión.....	84
3.2	Análisis de la interacción de usuarios en MOOCs para obtener conocimiento sobre su proceso de aprendizaje.....	91
3.2.1	Contexto.....	93
3.2.2	Objetivos	94
3.2.3	Materiales y métodos.....	95
3.2.4	Resultados.....	101
3.2.5	Discusión.....	111

3.3	Análisis y mejora de la experiencia y rendimiento de los usuarios en formularios web	115
3.3.1	Contexto.....	116
3.3.2	Objetivos	120
3.3.3	Materiales y métodos.....	121
3.3.4	Resultados.....	127
3.3.5	Discusión.....	135
3.4	Ayudando a programadores en Computación Cuántica.....	139
3.4.1	Contexto.....	140
3.4.2	Objetivos	141
3.4.3	Materiales y métodos.....	142
3.4.4	Resultados.....	143
3.4.5	Discusión.....	148
4	Discusión General.....	151
4.1	Respuestas a las sub-preguntas de investigación.....	151
4.2	Respuestas a las preguntas de investigación principales.....	162
4.3	Reflexiones finales	163
5	Conclusiones y trabajo futuro.....	167
5.1	Trabajo futuro.....	170
5.2	Resultados de esta tesis	171
5.2.1	Publicaciones.....	171
5.2.2	Software liberado.....	178
5.2.3	Registros oficiales de Propiedad Intelectual	179
5.2.4	Estancia de investigación predoctoral.....	179
5.2.5	Premios.....	179
5.2.6	Ayudas obtenidas.....	180
	Referencias	181
6	Anexos	203
6.1	Anexo A. Usalpharma: A Cloud-Based Architecture to Support Quality Assurance Training Processes in Health Area Using Virtual Worlds	205
6.2	Anexo B. Discovering usage behaviors and engagement in an Educational Virtual World	217

6.3	Anexo C. Monitoring and feedback of Learning Processes in Virtual Worlds through analytics architectures: a real case	237
6.4	Anexo D. Usalpharma: A Software Architecture to Support Learning in Virtual Worlds	245
6.5	Anexo E. Evolution of the Conversation and Knowledge Acquisition in Social Networks related to a MOOC Course	261
6.6	Anexo F. Extending MOOC ecosystems using web services and software architectures	275
6.7	Anexo G. Learning communities in social networks and their relationship with the MOOCs	285
6.8	Anexo H. Improving success/completion ratio in large surveys: a proposal based on usability and engagement	303
6.9	Anexo I. Herramienta para la validación de elementos de mejora UX/Engagement para los cuestionarios de recogida de información de egresados en el contexto del Observatorio de Empleabilidad y Empleo Universitarios (OEEU).....	325
6.10	Anexo J. Enabling Adaptability in Web Forms Based on User Characteristics Detection Through A/B Testing and Machine Learning....	353
6.11	Anexo K. How different versions of layout and complexity of web forms affect users after they start it? A pilot experience	371
6.12	Anexo L. Proposing a machine learning approach to analyze and predict employment and its factors.....	383
6.13	Anexo M. A Deep-Learning-based proposal to aid users in Quantum Computing programming	393

1 Introducción

Las Arquitecturas Software no son un concepto nuevo en las Ciencias de la Computación. Diversos autores en la literatura han definido y avanzado el estudio de este concepto. En este contexto, las definiciones provistas en 1998 por Kruchten [1] y en 2012 por Bass, Clements, y Kazman [2] serán empleados como base. De acuerdo con Kruchten, una arquitectura software es “[...] un conjunto de decisiones significativas acerca de la organización de un sistema software, la selección de los elementos estructurales y las interfaces que conforman el sistema, que junto al comportamiento colaborativo entre elementos, la composición de esos elementos estructurales y de comportamiento en subsistemas progresivamente más grandes, y el estilo arquitectónico que dirige la organización—estos elementos, sus interfaces, sus colaboraciones y su composición—” [1]. Bass, Clements y Kazman proporcionan una definición más sencilla: “la Arquitectura Software de un sistema es el conjunto de estructuras necesarias para conformar el sistema, las cuales comprenden los elementos software, sus relaciones y las propiedades de ambas”. [2].

De igual forma las áreas de investigación sobre la Interacción Persona-Ordenador y la Interacción Hombre-Máquina han sido desarrolladas durante un largo tiempo (al menos en la escala de las ciencias de la computación). La *Association for Computing Machinery* (ACM) define la Interacción Persona-Ordenador (IPO) como “la disciplina que trabaja con el diseño, la evaluación y la implementación de los sistemas de computación interactivos para el uso de las personas y del estudio de todos los fenómenos principales que les conciernen” [3]. Otros autores, como Alan Dix, definen la IPO como “el estudio de la forma en la que la tecnología de ordenadores influyen el trabajo humano y sus actividades” [4]. Del mismo modo, la Interacción Hombre-Máquina (IHM) ha sido definida en el pasado como “la forma en la que interaccionamos los humanos con las máquinas, entendiendo las máquinas como cualquier dispositivo eléctrico o mecánico que transmite o modifica energía para desarrollar o asistir a las personas en una tarea” [5]. A pesar de esas definiciones, el término IHM se usa de una forma muy similar al de IPO, con la sola excepción de que esta se asocia

habitualmente con la robótica y las aplicaciones y máquinas industriales” [3, 5, 6].

Ambas áreas, una habitualmente relacionada con la ingeniería del software, y la otra con campos como la percepción, la psicología, el diseño, la investigación con usuarios, etc., tienden a ser vistas como mundos separados, aunque diversos investigadores han hecho grandes esfuerzos para combinarlas y crear mejores sistemas. De esta forma, Tran, Ezzedine, Kolski sostienen que “el diseño arquitectural de los sistemas interactivos es objeto de muchas investigaciones desde los años ochenta” [7]. Siguiendo la idea de la combinación de ambos campos, Seffah, Gulliksen y Desmarais señalan que “uno de los principales puntos de ruptura comunicativa entre los ingenieros del software y los profesionales de usabilidad es la falta de estrategias para informar desde las fases de diseño tempranas en las arquitecturas del software de los principios de usabilidad, lo que ayudaría a evitar posteriores (y caros) cambios arquitectónicos para acomodar los requisitos de experiencia de usuario” [8]. Esto se considera de tal forma, que en ciertos entornos complejos como los ecosistemas *software*, el usuario y sus factores humanos son incluidos como una parte más del todo, considerándolos tan importantes como cualquier otro componente o restricción software [9-11]. De acuerdo con García-Holgado y García-Peñalvo, “los usuarios son componentes del ecosistema, ellos establecen flujos de información con otros componentes y son afectados si el ecosistema evoluciona” [9]. Puede considerarse que la interacción de los usuarios con los componentes software de un sistema es tan importante como la interacción entre los propios componentes software. Esto puede hacer que se consideren los procesos y características propios de la IPO al mismo nivel que otros componentes o partes de un (eco)sistema a la hora de diseñarlo o desarrollarlo.

La combinación de los campos de las arquitecturas software y la IPO puede contribuir a construir mejores sistemas que incluyan lo mejor de los sistemas software y los diseños centrados en el usuario. Tal y como algunos autores sostienen [12, 13], las arquitecturas software deben encerrar las estructuras e ideas fundamentales del sistema para ofrecer la calidad deseada basada en decisiones de diseño adecuadas. Esta calidad puede tener que ver con cualquier parte u objetivo del sistema, como la calidad estructural, la calidad en la

presentación, etc. Seffah [14] por ejemplo, propone la combinación de la IPO y las arquitecturas software de la siguiente manera: “en el campo de la interacción persona-ordenador (IPO), las arquitecturas de sistemas interactivos de las décadas de los ochenta y noventa como el Modelo Vista Controlador (MVC) [15] o el modelo de Presentación Abstracción y Control (PAC) [16] están basados en la separación de la funcionalidad principal y la interfaz de usuario (IU). La funcionalidad es aquello que el software hace y los datos que procesa, para ofrecer un comportamiento que puede ser explotado para alcanzar ciertas necesidades de usuarios. La IU define como la funcionalidad se presenta a los usuarios finales y cómo esos usuarios interaccionan con ella. La asunción que subyace es que la usabilidad, el factor de calidad definitivo, es primariamente una propiedad de la IU. Sin embargo, separando la IU de la lógica de aplicación hace que sea sencillo modificar, adaptar o personalizar una interfaz después de que sea probada. Desafortunadamente, esto no asegura la calidad del sistema en su conjunto”. Anteriormente ha sido probado que las características de un sistema tienen su impacto en la usabilidad de un sistema, incluso cuando son lógicamente independientes de la IU y no son necesariamente visibles a los usuarios. Por ejemplo, Bass estableció que incluso si la presentación de un sistema está bien diseñada, dicha usabilidad puede ser comprometida de forma significativa si la arquitectura y diseños subyacentes no proporcionan los suministros adecuados para los problemas de los usuarios [17].

Considerando todas esas ideas presentadas en la literatura la motivación y punto de inicio de esta tesis puede resumirse como sigue: las arquitecturas software no pueden definir únicamente los detalles técnicos necesarios para desarrollar e implementar ciertas funcionalidades, sino también para gestionar y facilitar la interacción entre los usuarios y el sistema.

1.1 Contexto de la investigación

Desde hace varios años, uno de los retos más importantes en informática y áreas relacionadas es el tratamiento de grandes datos, complejos o desestructurados [18-35]. Como se puede comprobar en esas referencias, el trabajo con datos es una tarea ardua: presenta problemas en cuanto a cómo almacenar

la información (de forma física), estructurar la información, analizar los datos, extraer conocimiento de los mismos, tomar decisiones, etc. A pesar de esos problemas, la información es uno de los aspectos más relevantes en la sociedad y una fuente de poder; por esa razón, muchos autores hablan de la existencia de los conceptos de la Sociedad de la Información [36, 37] o la Sociedad del Conocimiento [38-40]. En relación a la definición de las arquitecturas software, presentada en la introducción, y considerando que todos los componentes software, sus relaciones y las decisiones que toman los ingenieros sobre ellos, se puede pensar que los datos relacionados con los usuarios en el sistema y los datos que dan sentido al sistema en sí pueden considerarse una parte fundamental de una arquitectura software [2, 41-43]. La información almacenada dentro de un sistema es una oportunidad para extraer conocimiento sobre el sistema en sí, sus componentes, el software que incluyen, los usuarios o la interacción que tiene lugar dentro [44]. Tal y como otros han hecho en otros campos de investigación y desarrollo, el conocimiento obtenido de la información generada en un entorno *software* puede ser usada para mejorar el sistema en sí, su software, la experiencia de los usuarios, los resultados que se obtienen al usarlo, etc. Extendiendo el punto de inicio expresado en la introducción, esta tesis trata con este tipo de retos: cómo ciertas aproximaciones como las arquitecturas software guiadas por datos pueden ayudar a mejorar la interacción de los usuarios con los sistemas. Específicamente, trata también con cómo mejorar la interacción de diversos tipos de usuarios con sistemas software para mejorar diversos aspectos como la experiencia de usuario, la facilidad para solventar una tarea, etc.

Esta idea de destilar conocimiento desde la información, conduce a la introducción del área de investigación del Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos (DCBD, KDD en inglés). El KDD se puede definir como “la exploración analítica y modelado automático de grandes repositorios de datos y el proceso organizado de identificación válida, novedosa y útil de patrones comprensibles dentro de grandes conjuntos de datos” [45, 46].

Este término y su área de investigación relacionada se hizo popular a finales del siglo veinte, con algunas de las contribuciones más conocidas que definieron el ámbito de investigación [47-50], los comienzos de la Conferencia KDD [51], y

la publicación algunos artículos fundacionales como el de Fayyad, Piatetsky-Shapiro y Smyth [52]. En dicho artículo, los autores describieron el proceso KDD como un conjunto de nueve pasos encadenados:

1. Aprender del dominio de aplicación: incluye la comprensión del conocimiento previo relevante, los objetivos de la aplicación y cierta cantidad de experiencia en el dominio.
2. Crear un conjunto de datos como objetivo: incluye la selección de un conjunto de datos o enfocar ciertos conjuntos de variables dentro de poblaciones de datos donde el descubrimiento debe tener lugar.
3. Limpieza (y pre procesado) de datos: incluye la eliminación de ruidos, valores extremos, estrategias para manejar datos perdidos, etc.
4. Reducción y proyección de datos: incluye la búsqueda de características útiles para representar los datos, reducir su dimensionalidad, etc.
5. Escoger los métodos de minado de datos: esto incluye la decisión sobre el propósito y los principios de modelado de los algoritmos de minería (por ejemplo: clasificación, regresión, *clustering*).
6. Escoger el algoritmo de minado de datos: esto incluye la selección de los métodos para buscar patrones en los datos, la decisión sobre qué modelos y parámetros pueden ser apropiados y la búsqueda de un método concreto de minería de datos usando los criterios del proceso KDD.
7. Minería de datos: búsqueda de patrones interesantes en una forma representacional o en un conjunto de representaciones, incluyendo reglas o árboles de clasificación, regresiones, *clustering*, modelado secuencial, dependencias y análisis lineales.
8. Interpretación: incluye la interpretación de los patrones descubiertos y la posibilidad de volver a cualquiera de los pasos previos, así como la visualización de patrones extraídos, eliminación de patrones irrelevantes o redundantes y la traducción de los patrones útiles en términos comprensibles por los usuarios.
9. Usar el conocimiento descubierto: incluye la incorporación del descubrimiento en el rendimiento del sistema, tomando acciones basadas en el conocimiento o documentándolo y reportándolo a las partes

interesadas, así como la comprobación y resolución de cualquier conflicto potencial con el anterior conocimiento asumido.

Actualmente, el KDD ha evolucionado para cubrir nuevos retos y paradigmas y aproximaciones de análisis de datos. El campo KDD es actualmente más amplio que nunca: puede considerarse que actualmente incluye el descubrimiento de conocimiento en casi cualquier sistema que almacena información (y no únicamente en las bases de datos clásicas), así como que incluye más métodos de descubrimiento de conocimiento más allá de las búsquedas en bases de datos o la Minería de datos, ya que actualmente existen áreas relacionadas con el KDD como la Inteligencia Artificial (IA) o el Aprendizaje Máquina (ML) [44, 53, 54].

De forma similar, la IPO ha experimentado a una evolución significativa en los últimos años. Parte de este crecimiento se debe a nuevos paradigmas en la interacción [55, 56], el uso de nuevos sistemas de diseño [57, 58], la consideración del usuario como el centro de los sistemas [59], la evaluación de la interacción de los usuarios [60, 61], la consideración de elementos de la vida de las personas como la cultura, la emoción, la experiencia o los aspectos psicológicos [62-64], los cambios en el contexto de uso (movilidad, ubicuidad, etc.), la multiplicación de la interacción en los sistemas convencionales, la ampliación de los tipos de aplicaciones en sistemas software, la normalización de la informática como un recurso de uso diario [65] o la adaptación de los sistemas a los usuarios [66, 67]. Este cambio es tan disruptivo que muchos autores ven en el área de la IPO la aparición de una nueva era [55, 56, 68, 69].

Las ideas relacionadas con la obtención de conocimiento y su uso para mejorar la interacción entre usuarios y sistemas ha sido previamente explorada por otros autores [44, 55, 68, 69]. Por ejemplo, en palabras de Holzinger [44] “una combinación sinérgica de las metodologías, métodos y aproximaciones de ambas áreas —KDD y HCI— ofrece las condiciones ideales para trabajar en estos retos: la IPO con su énfasis en la inteligencia humana, y el KDD que trata con la inteligencia computacional para apoyar la inteligencia humana con inteligencia máquina, para descubrir nuevo conocimiento y evidencias dentro de los flujos de datos” [70].

¿Es necesaria la combinación de las áreas KDD e IPO? En el pasado, algunos autores han discutido sobre ello [44, 71] reflejando los beneficios por una vista multidisciplinar par resolver los problemas que se dan en ambas áreas. Actualmente, con la popularización de conceptos y áreas como la Ciencia de Datos [72-77], esta discusión ya no es tan intensa como antes. La mayoría de los investigadores (y las empresas) están actualmente convencidos de la necesidad y la ventaja de tener una cultura guiada por datos, un diseño y política de exploración guiada por datos para los productos digitales y los beneficios aportados por los puntos de vista multidisciplinarios en cuanto a la unión de conceptos, teorías y aproximaciones de diversos campos de investigación a través de un andamiaje como el que proporcionan los datos [78, 79].

En el pasado, los beneficios de unir personas y ordenadores fueron resumidos en el siguiente proverbio [80] (falsamente atribuido a Einstein [81]):

- Los ordenadores son increíblemente rápidos, precisos y estúpidos.
- Los humanos son increíblemente lentos, imprecisos y brillantes.
- Juntos son más poderosos de lo imaginable.

Esta cita encaja perfectamente con algunos de los paradigmas relacionados con la cooperación entre humanos y máquinas como la IPO o la Computación Centrada en el Humano (HCC en sus siglas en inglés) [82]. De forma resumida, el paradigma HCC es igual al de la IPO excepto por el hecho de que en el HCC no solo se observa al usuario y su contexto, sino que también se analizan las intenciones del usuario y sus motivos desde el comportamiento observado del usuario (usando modelos de interacción y otras técnicas) [56]. En cualquier caso, muchos autores consideran el HCC parte de la IPO [4, 57, 83]. El concepto de cómo los usuarios son analizados y sus intenciones anticipadas, como sugiere el HCC, se muestran en la Figura 1, donde se presentan tres partes (además del usuario): el *front-end*, el *back-end*, y los modelos de interacción. El *front-end* (o la interfaz de entrada del sistema) trata con la observación del usuario y su contexto, así como permite la interacción del usuario [84]. Mientras tanto, el *back-end* es el responsable de controlar los diferentes elementos que se usan en el *front-end*, de analizar las interacciones del usuario y su comportamiento para generar el comportamiento apropiado y la respuesta del sistema. Para analizar la interacción del usuario y modelar su comportamiento, el *back-end* utiliza

modelos de interacción; de otra forma, para tratar con la observación del comportamiento de los usuarios, el *front-end* aplica los modelos de interacción para completar el flujo entre el sistema y el usuario [56]. Un ejemplo de los aspectos solventados por estos modelos de interacción son los modelos de gestión de diálogos, o las plantillas de interacción diseñadas por los ingenieros en Experiencia de Usuario (UX en sus siglas en Inglés) para responder a las necesidades de los usuarios.

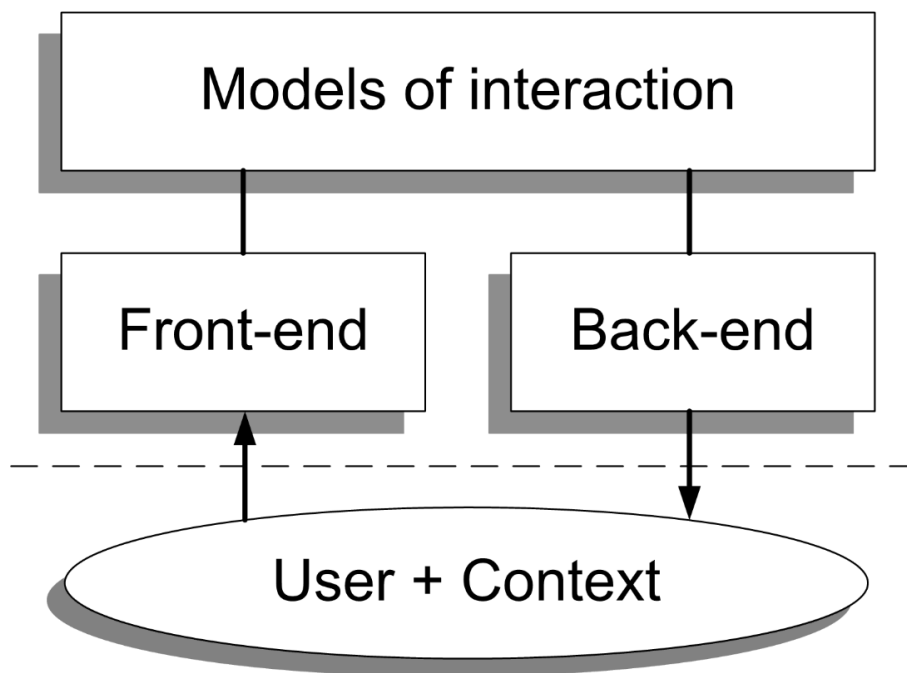


Figura 1. Modelo esquemático de la Computación Centrada en el Humano.

Fuente: [56].

En resumidas cuentas, los resultados potenciales de la combinación del KDD y la IPO (o el HCC) están relacionados con la Figura 1. El flujo de trabajo necesario para analizar, retroalimentar y afectar a la interacción entre usuarios y máquinas puede ser ampliamente mejorado al usar las técnicas y principios KDD. En un mundo donde los datos inundan todo tipo de sistemas y en el que las interfaces de usuario han evolucionado hasta ser ubicuas y presentar múltiples formas, la aplicación del descubrimiento de conocimiento puede ayudar a los sistemas a evolucionar, ser adaptativos, y responder mejor a las necesidades,

deseos y comportamientos de los usuarios. Los principios y procedimientos KDD, las aproximaciones actuales de ciencia de datos y las ventajas de los sistemas guiados por datos suponen una oportunidad de oro para el campo de la IPO y sus sub-áreas en su enfrentamiento con los retos propios del área.

1.2 Hipótesis y objetivos

En esta tesis no se pretende responder a una serie de preguntas de investigación con respuestas simples como ‘sí’ o ‘no’ o incluso con aserciones como “es cierto porque es estadísticamente significativo”. Es cierto que estas respuestas pueden ser convenientes para responder ciertas preguntas específicas, sub-hipótesis, etc., pero en general se van a evitar las respuestas cortas y rotundas para alcanzar otras más abiertas a discusión.

Por tanto, el plan es ahondar en unas preguntas centrales para luego responder ciertas sub-preguntas más específicas y construir, usando dichas respuestas, unas respuestas más amplias para las cuestiones principales y discutir las. Para desarrollar la investigación, se ha usado la antigua estrategia de *divide y vencerás*, considerando *vencerás* como un intento de responder una pregunta compleja que puede contener muchos matices.

Después de estas consideraciones, es momento de presentar las preguntas principales de esta investigación:

¿Es beneficioso seguir una aproximación KDD o guiada por datos en un sistema para apoyar, analizar o mejorar la interacción y experiencia de los usuarios y abordar los retos relacionados con la IPO que presentan los sistemas interactivos?

¿Cómo un entorno software debe evolucionar para responder a las necesidades de los usuarios y mejorar o apoyar su interacción y experiencia?

¿Es posible hacerlo de una manera más automatizada?

De forma más específica, estas cuestiones pueden aceptar respuestas de todas estas sub-preguntas:

1. ¿Qué tipo de artefactos software necesita un sistema para responder a las necesidades de los usuarios o ser adaptativo?
2. ¿Qué características deben tener esos sistemas?

3. ¿Qué tipo de comportamientos software deben ser los comunes para soportar esas características?
4. ¿Qué tipos de estrategias deben incorporar estos sistemas interactivos para proporcionar retroalimentación valiosa a los usuarios?
5. ¿Pueden los sistemas inteligentes ser capaces de mejorar la experiencia de usuario de una forma significativa? ¿Es adecuado incluir características de inteligencia a un sistema para perseguir esa mejora de la experiencia de usuario?

Para responder a estas cuestiones, se han explorado los aspectos asociados a través de la investigación en diversos escenarios. Estos escenarios han sido seleccionados en base a dos consideraciones principales: el autor puede acceder a ellos y estos presentan retos interesantes desde un punto de vista de la IPO. Muchos autores han tratado de predecir los retos del futuro de la IPO [44, 55, 56, 58, 68, 69, 83, 85]. En este trabajo de investigación, se toman como base los retos relacionados con la IPO presentados en [69] (Tabla 1).

Tabla 1. Propuesta de Investigación y Desarrollo de Stephanidis et al. (1999). En inglés, extraído de [69]

<i>Promote the Development of Environments of Use</i>	<i>Support Communities of Users</i>	<i>Extend User-Centered Design to Support New Virtualities</i>	<i>Establish Suitable Accompanying Measures</i>
Determine desirable properties of environments of use (e.g., augmented capabilities on user's demand, multimodality, cooperativity, intelligence, adaptation, etc.)	Develop individual and collective intelligence and community knowledge management	Develop suitable foundations for design, by applying, integrating, and extending existing user-centered design methods to facilitate the design of new virtual spaces	Articulate demand for design for all
Develop novel architectures for interactive systems for managing collective experiences of users and nonusers	Develop methodologies for collecting and analyzing requirements and understanding virtual communities	Develop metrics for important quality attributes (e.g., usability, accessibility, adaptation, intelligence, etc.)	Support of the industry
Design architectures for multiple metaphor environments	Provide means to access communitywide information resources	Provide computation support for usability engineering (e.g., computer-supported usability platforms)	Create awareness and knowledge dissemination
Develop multiagent systems and components to support cooperation and collaboration	Develop models to support social interaction among members of online communities	Extend existing requirements for engineering methods to facilitate elicitation of requirements in novel contexts of use and different user groups	Extend technology transfer
Support individualization and user interface adaptation (e.g., adaptability and adaptivity) of environments of use		Promote user involvement and develop protocols for effective user participation in design activities Investigate and provide design recommendations for alternative interaction modalities and their combinations	

A pesar de que este artículo es algo antiguo (es de 1999), la mayoría de los retos y plan de trabajo son relevantes todavía. Sobre los escenarios, y de acuerdo

con [69] y la Tabla 1, se han seleccionado los siguientes escenarios típicos para desarrollar la investigación:

1. Escenarios altamente interactivos donde los usuarios deben desarrollar actividades o tareas individuales basadas únicamente en su interacción sin ayuda de otros.
2. Sistemas que incluyen a una gran cantidad de usuarios colaborando o usando concurrentemente los mismos recursos para resolver las mismas tareas. En este escenario, otro tipo de usuarios evalúan el rendimiento de los usuarios al resolver sus tareas.
3. Aplicaciones que incluyen una gran cantidad de información y donde los usuarios pueden necesitar ayuda o ser atraídos para resolver adecuadamente los retos (en cuanto a tareas) que se les proponen. .
4. Sistemas complejos donde el usuario puede no tener conocimiento previo suficiente para resolver una tarea eficientemente.

Cada escenario prototípico tiene sus diferencias y similitudes con otros; también, en general, tienen una gran relación con adaptaciones de lo expuesto en las dos primeras columnas de la Tabla 1.

Asumiendo esos escenarios, es posible definir ciertos objetivos para cada uno de ellos. El primer objetivo de cada escenario está relacionado principalmente con un reto relacionado con la IPO y el segundo con cómo integrar en una solución software la resolución del reto de la IPO.

- Escenario 1.
 - Objetivo principal: Recoger y analizar la interacción de los usuarios en un entorno altamente interactivo para extraer conocimiento y evaluar el rendimiento de los usuarios resolviendo una tarea.
 - Objetivo secundario: probar como sacar ventaja del conocimiento ganado, desde un punto de vista software, para proporcionar feedback a los usuarios y mejorar sus resultados.
- Escenario 2.
 - Objetivo principal: comprender cómo los usuarios colaboran en un entorno para resolver individualmente una tarea compartida por todos los usuarios.

- Objetivo secundario: integrar una solución software en un entorno masivo para automatizar el análisis realizado en el objetivo principal.
- Escenario 3.
 - Objetivo principal: mejorar la experiencia de usuario (y la motivación) en un entorno complejo que comprende mucha información e introduce un alto nivel de fricción al resolver una tarea. Esta mejora de la UX busca mejorar el rendimiento de los usuarios en la tarea propuesta para resolver a través de reducir la fricción.
 - Objetivo secundario: definir un flujo de trabajo automatizado para analizar la interacción de los usuarios y mejorar su experiencia de uso.
- Escenario 4.
 - Objetivo principal: estudiar y proponer una forma de ayudar a usuarios a resolver una tarea compleja, incluso cuando estos no tienen suficiente conocimiento para ello.
 - Objetivo secundario: basado en la propuesta alcanzada en el primer objetivo, crear un software que ayude a los usuarios y pueda ser integrado en distintos entornos relacionados con el problema.

2 Discusión y resultados generales

En esta sección se discuten los resultados obtenidos durante los experimentos y la revisión sistemática de la literatura llevada a cabo durante la tesis. También, pretende responder a las distintas preguntas de investigación propuestas anteriormente. Para ello, la primera sub-sección se encarga de presentar las respuestas a las sub-preguntas, la segunda a responder las preguntas principales y la última a plantear algunas reflexiones globales sobre la investigación realizada. Como aclaración para el lector, esta discusión complementa a la presentada en cada uno de los experimentos incluidos en el cuerpo de la tesis doctoral, y lo hace desde un punto de vista más global.

2.1 Respuestas para cada sub-pregunta

La primera pregunta: *¿Qué tipo de artefactos software necesita un sistema para responder a las necesidades de los usuarios o ser adaptativo?*

De acuerdo con la experiencia ganada durante los experimentos y la revisión de la literatura, cualquier sistema interactivo que quiera analizar, apoyar o mejorar los procesos de interacción persona-ordenador y experiencia de usuario, deben incluir los siguientes artefactos software (componentes):

1. Un sistema que recoja información de los usuarios y su interacción.
2. Un sistema que analice la información recogida.
3. Un sistema que retroalimente a los distintos tipos de usuarios y componentes en base al análisis.

En relación a los sistemas que recogen información sobre los usuarios y su interacción, el estado del arte compuesto mediante el análisis sistemático de la literatura revela que una regla universal es tener componentes o herramientas específicas para adquirir y guardar información de diversas fuentes (probablemente usando técnicas automatizadas).

Sobre el segundo artefacto software necesario se puede decir, que desde un punto de vista teórico, es una herramienta que extrae conocimiento de la información recogida usando los principios KDD. Desde un punto de vista práctico y de ingeniería del software, la estructura de este componente puede

estar basada en interfaces software que se interconectan con otros sistemas y en un componente principal que implementa los métodos de análisis deseados. Durante la tesis se han probado distintos métodos de análisis: desde estadística descriptiva simple a distintos métodos de inteligencia artificial (inteligencia máquina y aprendizaje profundo). A pesar de las diferencias entre los distintos casos de estudio, se ha comprobado que los métodos basados en IA puede abrir nuevas vías de análisis y de abordar los problemas propuestos en esta tesis.

El tercer artefacto software propuesto es un sistema que proporciona retroalimentación a los distintos tipos de usuarios en base al análisis realizado. Este artefacto es especialmente importante. La retroalimentación o feedback que se provea a los usuarios debe variar en función de quién va a recibirlo o de qué información se va a transmitir. Para ello, hay múltiples formas de hacerlo y las decisiones a la hora de diseñar los mecanismos o los métodos pueden requerir la participación de otros investigadores relacionados con la ingeniería del software, el análisis de datos, la experiencia de usuario, el diseño visual, la psicología, etc. Durante la tesis se han probado distintas formas de dar feedback a los usuarios:

1. Mediante mensajes de texto cuando los usuarios requieren el feedback.
2. Mediante feedback automatizado (incluso cuando el usuario no lo pide).
3. Mediante feedback visual a los usuarios mediante visualización de datos.
4. Mediante feedback basado en cambios en la interfaz visual del sistema.

Estos tres sistemas propuestos son los componentes mínimos necesarios para responder la pregunta. En cualquier caso, dependiendo el entorno o proyecto software, estos componentes mínimos deben ser descompuestos en otros más específicos o especializados. De igual forma, estos pueden ser complementados con sistemas desarrollados por terceros o delegando ciertas tareas a otros más especializados y complementarios. De acuerdo con la literatura, este tipo de componentes adolecen de una estandarización común y suelen basarse en soluciones ad-hoc.

Respecto a la pregunta *¿Qué características deben tener esos sistemas?*, la respuesta se basa en la anterior y en los resultados de los experimentos llevados a cabo. Desde la experiencia ganada después de implementar los distintos componentes descritos, las características más importantes que deben tener son:

1. Recolección de datos transparente al usuario. El sistema debe recoger la información del usuario sin molestarle.
2. Recogida y explotación de datos ética. El sistema debe proporcionar los métodos adecuados para tratar los datos de forma respetuosa con los usuarios.
3. Un entorno de datos bien diseñado. Este debe ser capaz de manejar los datos de forma eficiente considerando las necesidades de los datos y los resultados esperados.
4. Los efectores adecuados para tratar con los retos de la IPO. Un efector puede considerarse como aquel elementos software que produce acciones en los usuarios u otros componentes software basados en los datos.

Sobre la pregunta *¿Qué tipo de comportamientos software deben ser los comunes para soportar esas características?* En general, y con relación a los efectores previamente descritos, el comportamiento de los sistemas debe ser *reactivo*. De acuerdo con el “The Reactive Manifesto” [397], un sistema reactivo es:

1. Responsivo: El sistema responde en tiempo si es posible.
2. Resiliente: El sistema se mantiene responsivo en caso de error.
3. Elástico: El sistema se mantiene responsivo bajo diversas cargas de trabajo.
4. Guiado por mensajes: Los sistemas reactivos se basan en mensajes asíncronos para establecer una frontera entre componentes que consiga mantener un bajo nivel de acoplamiento, aislamiento y transparencia en la ubicación.

Como se discute en la tesis y en la literatura, la tarea de obtener información de los usuarios no es sencilla [43, 91, 177, 179, 398, 399]. Por esta razón, la filosofía de los sistemas reactivos encaja perfectamente como comportamiento deseado para el software en el caso de esta tesis [400].

Durante la tesis estos principios y comportamientos no han sido aplicados profusamente. Sirva esta afirmación como evidencia de parte del aprendizaje obtenido a lo largo del proceso de investigación en la tesis doctoral.

La siguiente pregunta a responder es *¿Qué tipos de estrategias deben incorporar estos sistemas interactivos para proporcionar retroalimentación*

valiosa a los usuarios? Como se puede observar en los distintos experimentos que se presentan en la tesis, el feedback se puede proporcionar de múltiples formas:

1. Feedback transparente. Es el tipo de retroalimentación proporcionada a los usuarios de forma abierta y clara. El usuario conoce que el sistema está respondiendo a sus acciones.
2. Feedback oculto. Este tipo de retroalimentación se proporciona a los usuarios sin que estos deban ser conscientes de ello mientras usan el sistema (por ejemplo: adaptabilidad basada en conocimiento previo, etc.).

Es posible pensar que el feedback oculto es contrario a la idea clásica de feedback. Sin embargo, desde el punto de vista del autor, y de más investigadores de acuerdo a la literatura, esto no es incompatible. Tal y como se ha comprobado en los distintos experimentos, el feedback oculto puede tener una efectividad similar a la del feedback transparente, solo que tiene lugar siguiendo unos tiempos distintos (puede comenzar a prepararse antes o después de que el usuario utilice el sistema, etc.).

Las últimas sub-preguntas a responder son: *¿Pueden los sistemas inteligentes ser capaces de mejorar la experiencia de usuario de una forma significativa? ¿Es adecuado incluir características de inteligencia a un sistema para perseguir esa mejora de la experiencia de usuario?*

Para explorar estas preguntas, se han desarrollado durante la tesis dos experimentos que incluyen técnicas de IA. La aproximación tomada en este caso fue la de emplear actores lógicos que aprenden de la información que se les da y proponen soluciones a los problemas que se les plantea. Este tipo de aplicación de IA no es la típica que se observa en la literatura tradicional del área, sin embargo, comienza a haber una corriente de autores que la están empleando con resultados interesantes (entre ellos, el autor de la tesis). En general la inclusión de características y algoritmos de IA en los sistemas interactivos puede ser una buena opción como parte del proceso de descubrimiento de conocimiento, ya que los algoritmos inteligentes pueden ayudar a descubrir patrones ocultos y relaciones en los datos que pueden pasar desapercibidos inicialmente en otro tipo de técnicas de análisis y explotación de datos.

Por tanto, la respuesta a la primera sub-pregunta de estas dos últimas es sí. Teniendo en cuenta los experimentos y resultados obtenidos en el contexto de la

tesis, un sistema inteligente puede ayudar a mejorar la UX de una forma significativa.

Sobre lo adecuado de aplicar características inteligentes a un sistema que persigue la mejora de la UX, la respuesta no es tan clara. La adecuación depende del objetivo perseguido, de los métodos utilizados y de los datos disponibles. En diversos métodos y técnicas de IA existen problemas en la replicabilidad de resultados, en la explicación de los mismos, o en las cantidades de datos necesarias para asegurar una calidad suficiente en las respuestas que da un sistema inteligente. En este caso, los investigadores deben valorar la adecuación de esta aproximación caso a caso, valorando todos los aspectos relevantes.

2.2 Respuestas para las preguntas principales

Las respuestas finales se relacionan con las preguntas principales planteadas: *¿Es beneficioso seguir una aproximación KDD o guiada por datos en un sistema para apoyar, analizar o mejorar la interacción y experiencia de los usuarios y abordar los retos relacionados con la IPO que presentan los sistemas interactivos? ¿Cómo un entorno software debe evolucionar para responder a las necesidades de los usuarios y mejorar o apoyar su interacción y experiencia? ¿Es posible hacerlo de una manera más automatizada?*

Llegados a este punto, hay una respuesta obvia: los entornos software deben adoptar los principios y metodologías relacionadas con el KDD para responder apropiadamente a las necesidades de usuarios y mejorar o apoyar los procesos de interacción, haciendo frente a los típicos problemas que aparecen en los sistemas que trabajan con la interacción de los usuarios.

Después de investigar experimentalmente en cuatro escenarios en los que se ha trabajado con más de 6000 usuarios, se ha demostrado como las aproximaciones KDD y de sistemas guiados por datos son válidas para los propósitos de la tesis. En esta sección se han presentado diversas soluciones software para incluir en un sistema que quiera apoyar, analizar o mejorar la interacción y experiencia de los usuarios, el comportamiento que debe tener el software, las características del mismo, o los distintos tipos de feedback que se pueden ofrecer. Desde hace muchos años, la comunidad IPO busca nuevas formas

de automatizar la evaluación de la interacción de los usuarios, la adaptación de los sistemas a los usuarios, la extracción de conocimiento de la información sobre la interacción, etc. [408]. El trabajo hecho en esta tesis no solventa el problema, pero presenta algunos métodos y guías interesantes.

Es cierto que los resultados de esta tesis no sean exportables a cualquier tipo de sistema debido a las peculiaridades que presenta cada tipo de entorno interactivo. El área de la IPO es demasiado amplia e incluye demasiadas áreas de conocimiento, aproximaciones o paradigmas como para proponer una “teoría del todo” que resuelva todos los casos. Probablemente, en el futuro, los retos presentados en esta tesis sean resueltos, incluso usando soluciones estándar, pero por ahora, es el momento de experimentar en estas líneas y trabajar en nuevas líneas como las de esta tesis que puedan ayudar a la comunidad científica a llegar a mejores resultados.

3 Conclusiones y trabajo futuro

Los resultados principales de la investigación realizada tienen que ver con la revisión y mapeo de la literatura sobre arquitecturas software influyendo en procesos de interacción persona-ordenador y el desarrollo de diversas soluciones software en varios escenarios de investigación para analizar, apoyar y mejorar la interacción y experiencia de los usuarios en sistemas interactivos. Por un lado, y de acuerdo con la revisión y mapeo de la literatura, muchos autores han trabajado a lo largo de los años en la definición, desarrollo y pruebas de aplicaciones *software* basadas en arquitecturas *software* que tratan con el análisis y la mejora de la interacción de las personas con los ordenadores. A pesar de este esfuerzo, la literatura muestra que hay muchas aplicaciones de este tipo basadas en soluciones ad-hoc y con una falta de propuesta formal o de estandarización de su solución. En la revisión, se ha detectado también la falta de uso de *software* inteligente que pueda abrir nuevas vías para analizar la interacción, retroalimentar a los usuarios, etc. Teniendo en cuenta estos resultados obtenidos, es claro que el avance en la integración de nuevas tendencias como los entornos guiados por datos, la inteligencia artificial o los flujos de trabajo replicables y reproducibles pueden llevar a una mejora significativa en los temas de investigación tratados. Más allá, existe una necesidad de llevar a cabo nuevas investigaciones que se enfoquen en la definición de técnicas estándar y nuevas aproximaciones para tratar con el análisis, soporte y mejora de la interacción de los usuarios y su experiencia desde los propios sistemas interactivos. A pesar de ello, y relacionado con la literatura, también se ha detectado un número significativo de publicaciones fuera del ámbito académico que tratan con objetivos muy similares a los aquí tratados. En este caso, se ha encontrado que hay muchas empresas aplicando técnicas y aproximaciones similares para mejorar sus sistemas interactivos. Esto sugiere que el mundo académico puede estar perdiendo una buena oportunidad de establecer los fundamentos para extraer conocimiento de la interacción de los usuarios y su experiencia.

Por otro lado, la investigación y el desarrollo de soluciones software para analizar, apoyar y mejorar la interacción y experiencia de los usuarios en los

distintos casos de estudio desarrollados se ha dado siguiendo las recomendaciones detectadas en la literatura y considerando las distintas necesidades y posibles mejoras detectadas en la revisión de la literatura. En este sentido, en la investigación empírica llevada a cabo, han prevalecido los siguientes aspectos: 1) la definición de sistemas basados en datos; 2) el desarrollo de flujos de información claros que puedan ayudar a distintos tipos de usuarios; y 3) el empleo de técnicas novedosas para analizar los datos disponibles y proporcionar un feedback adecuado a los usuarios.

Considerando los resultados obtenidos en la investigación empírica, la principal conclusión de este trabajo es la evidencia sobre el efecto positivo producido al adoptar principios KDD para tratar con los retos relacionados con la IPO en cuanto a mejorar la interacción y experiencia de los usuarios. Usando una aproximación KDD, los sistemas pueden ser construidos para incluir distintas entidades software que se aprovechan de la información generada por los usuarios y su interacción con el software. Además, si los flujos de trabajo de información y los objetivos para el análisis están bien definidos, estos entornos de software podrían automatizar el análisis y la retroalimentación para la interacción y la experiencia de los usuarios. Estas afirmaciones son respaldadas por los experimentos realizados, que han involucrado a más de 6000 usuarios. Todos los estudios de casos en esta investigación han seguido un enfoque basado en el descubrimiento de conocimiento a partir de datos, el cual cumple los objetivos de investigación propuestos. A pesar de que algunas de las soluciones de software presentadas en la tesis no son totalmente transferibles fuera de los estudios de caso donde se aplicaron, presentan algunos artefactos y técnicas de software comunes que podrían ser compatibles con otros casos, después de una adaptación adecuada. Un comentario sobre la transferibilidad de las soluciones presentadas es que algunas métricas e indicadores comunes podrían usarse en diferentes escenarios, pero es muy complicado definir un conjunto cerrado de ellos que podría aplicarse a cualquier sistema. La IPO es un campo desafiante que contiene muchos sub-campos y paradigmas, y cada uno de ellos presenta diferentes necesidades y problemas. En este caso, a pesar de la dificultad, en esta tesis se han aplicado algunos artefactos de software genérico comunes en la mayoría de los casos, que podrían usarse en casi cualquier escenario. En este

sentido, el empleo de técnicas replicables, la publicación de flujos de trabajo de análisis o la provisión de datos abiertos para la investigación pueden ayudar a los investigadores en el área de la IPO. Estos recursos se pueden usar para expandir el área y lograr resultados significativos como la creación de sistemas de datos para automatizar el análisis y la mejora de la experiencia de los usuarios o para desarrollar sistemas de informes sobre la interacción de los usuarios para comprender a los usuarios y sus necesidades y cumplir sus expectativas .

Sobre la necesidad de extraer conocimiento, durante la parte experimental de esta tesis se ha demostrado que muchos tipos actores dentro de un sistema interactivo (humanos y de software) pueden aprovechar el conocimiento generado por la información relacionada con la interacción persona-ordenador. Una comprensión más profunda de lo que ocurre en un sistema podría ayudar a estos actores a evaluar la interacción de los usuarios, detectar el comportamiento de los usuarios, extraer patrones de desempeño, mejorar la motivación de los usuarios en diferentes tareas o ayudarlos a resolver tareas difíciles.

En cuanto a las diferentes técnicas utilizadas para analizar datos y extraer conocimiento, aquellos que presentan una gran novedad y los resultados más prometedores son las técnicas relacionadas con la IA y sus sub-áreas (aprendizaje automático, aprendizaje profundo). Las técnicas de análisis que se deben aplicar en cada caso dependen del problema a resolver, pero el uso de inteligencia artificial y enfoques como aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado o procesamiento del lenguaje natural pueden ser adecuados para automatizar parte de las tareas de extracción de conocimiento y generar flujos de trabajo para abordar los desafíos relacionados con analizar, apoyar y mejorar la experiencia e interacción de los usuarios. Esta conclusión es consecuente con el flujo de trabajo diseñado en el tercer escenario de investigación, y que se empleó en dos problemas diferentes obteniendo resultados positivos en ambos casos.

Como parte final de las conclusiones, y el continuando algunas de las ideas disponibles en la literatura, el análisis de los datos relacionados con los sistemas interactivos puede conducir a mejorarlos significativamente. Al establecer los métodos adecuados para hacerlo, los desarrolladores, diseñadores y administradores de software interactivo pueden comprender mejor las necesidades y deseos de los usuarios y cumplirlos. La definición de subsistemas

de software dentro de entornos interactivos responsables de analizar y mejorar la interacción y la experiencia de los usuarios desde el comienzo de un producto digital debería ser obligatoria. Estos subsistemas pueden conducir a desarrollar sentimientos positivos iniciales por parte de los usuarios, hacer que los usuarios perciban más positivamente el sistema o alcanzar mejores niveles de confianza o participación en los usuarios. Esta idea encaja perfectamente también en enfoques de investigación como los ecosistemas tecnológicos, donde muchos componentes diferentes colaboran para alcanzar objetivos globales. Los ecosistemas tecnológicos (y los sistemas de información que pueden contener) presentan muchos desafíos relacionados con la interoperabilidad entre los componentes, la complejidad de los flujos de datos o la respuesta oportuna y adecuada a los usuarios (que también se consideran parte de los ecosistemas). Los resultados presentados en esta tesis sobre arquitecturas de software extendidas (y más flexibles) y la aplicación de enfoques inteligentes podrían abrir nuevas posibilidades para enfrentar estos desafíos.

3.1 Trabajo futuro

En relación a esta tesis, existen varias oportunidades para futuras trabajos de investigación basadas en la investigación realizada. En primer lugar, hay muchos temas por investigar relacionados con la relación entre la inteligencia artificial y la interacción persona-ordenador. El primer tema podría ser el análisis de la aplicación de otras técnicas de IA para evaluar la interacción y la experiencia de los usuarios y tratar de detectar cuáles de ellas son las adecuadas para automatizar la mejora de la experiencia de los usuarios. El segundo podría ser el estudio sobre qué tipo de técnicas de IA podrían ayudar a los investigadores y a los ingenieros de software a crear sistemas adaptativos relacionados con la IPO.

Fuera de la inteligencia artificial, hay oportunidades para ampliar esta investigación en relación definición de un catálogo de algoritmos de caja blanca y flujos de trabajo de análisis para extraer conocimiento de los datos y explicar los resultados en el área de análisis de la interacción de los usuarios. Además, sería muy valioso definir un catálogo de métricas relevantes para ser incluidas en

cualquier sistema que tenga como objetivo analizar, respaldar o mejorar los procesos de interacción.

Dentro del área de conocimiento de ingeniería de software, la estandarización (a través de patrones de software, metamodelos, etc.) de las ideas relacionadas con las arquitecturas de software puede ser una línea de investigación muy interesante. En este ámbito se podría intentar definir un marco general y contribuir al desarrollo de nuevos sistemas interactivos con especial énfasis en que el software ayude a la interacción. Además, podría ser muy valioso desarrollar marcos de software que pudieran conectarse a otros entornos de software o ecosistemas tecnológicos para ampliarlos utilizando los resultados de la estandarización descrita anteriormente.

Del mismo modo, en el área de conocimiento de la IPO, una línea de investigación adicional es continuar el trabajo realizado en el estudio de casos de formularios grandes para analizar el efecto de cada cambio propuesto en la forma del rendimiento, la confianza y la experiencia de los usuarios.

Otra línea de investigación que podría ser relevante para continuar el trabajo realizado en esta tesis es proponer mejores modelos metodológicos para apoyar la experimentación con usuarios en sistemas que evolucionan para apoyar o mejorar los procesos de HCI.

Finalmente, y teniendo en cuenta cómo las ideas y resultados presentados podrían beneficiar otros campos de investigación, podría ser extremadamente interesante aplicar las diferentes ideas y resultados de esta tesis, por ejemplo, para mejorar los sistemas actuales de eLearning, en coordinación con áreas de investigación como el *learning analytics*, los *Personal Learning Environments*, etc. La experimentación en sistemas reales con diferentes tipos de usuarios y partes interesadas puede ser la fuente de oportunidades para descubrir nuevas posibilidades de mejora.

3.2 Resultados de esta tesis

Esta última subsección subraya los diferentes méritos alcanzados por el candidato durante el desarrollo de la tesis, en relación a las publicaciones,

software liberado, registros de Propiedad Intelectual o premios y ayudas recibidas durante la tesis y la estancia predoctoral realizada.

3.2.1 Publicaciones

Artículos en revistas

1. [354] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito, M. Martín-González, A. Vázquez-Ingelmo, J. C. Sánchez-Prieto and R. Therón, "Proposing a Machine Learning Approach to Analyze and Predict Employment and its Factors," *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, vol. In Press, 2018. doi: 10.9781/ijimai.2018.02.002. (ESCI)
2. [67] J. Cruz-Benito, A. Vázquez-Ingelmo, J. C. Sánchez-Prieto, R. Therón, F. J. García-Peñalvo and M. Martín-González, "Enabling Adaptability in Web Forms Based on User Characteristics Detection Through A/B Testing and Machine Learning," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 2251-2265, 2018. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2782678. (JCR SCI - COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS - Q1 (24 de 148); ENGINEERING, ELECTRICAL & ELECTRONIC - Q1 (48 de 260); TELECOMMUNICATIONS – Q1 (19 de 87) - IF 3.557)
3. [297] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gene, F. García-Peñalvo, A. Blanco and R. Theron, "Learning communities in social networks and their relationship with the MOOCs," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. PP, no. 99, pp. 1-1, 2017. doi: 10.1109/RITA.2017.2655218. (SJR 0.206 – ENGINEERING (MISCELLANEOUS) – Q3; EDUCATION – Q3; E-LEARNING – Q3)
4. [175] J. Cruz-Benito, C. Maderuelo, F. J. García-Peñalvo, R. Therón, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, A. Martín-Suárez, "Usalpharma: A Software Architecture to Support Learning in Virtual Worlds," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 11, no. 3, pp. 194-204, 2016. doi: 10.1109/RITA.2016.2589719. (SJR 0.206 – ENGINEERING (MISCELLANEOUS) – Q3; EDUCATION – Q3; E-LEARNING – Q3)

5. [318] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco and R. Therón, "Comunidades de Aprendizaje en Redes Sociales y su Relación con los MOOC," *VAEP RITA*, vol. 4, no. 2, pp. 87-99, 2016.
6. [256] J. Cruz-Benito, R. Therón, F. J. García-Peñalvo and E. Pizarro Lucas, "Discovering usage behaviors and engagement in an Educational Virtual World," *Computers in Human Behavior*, vol. 47, no. 0, pp. 18-25, 6// 2015. doi: 10.1016/j.chb.2014.11.028. (JCR SSCI – PSYCHOLOGY, MULTIDISCIPLINARY – Q1 (21 de 129); PSYCHOLOGY, EXPERIMENTAL – Q1 (20 de 85) – IF 2.880)
7. [251] J. Cruz-Benito, C. Maderuelo, F. J. García-Peñalvo, R. Therón, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, A. Martín-Suárez, "Usalpharma: Una arquitectura software al servicio del aprendizaje en Mundos Virtuales," *VAEP RITA*, vol. 3, no. 3, pp. 148-159, 2015.
8. [178] C. Maderuelo, A. Martin-Suarez, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, J. Cruz-Benito and A. Domínguez-Gil, "Facility-based inspection training in a virtual 3D laboratory," *Accreditation and Quality Assurance*, vol. 19, no. 5, pp. 403-409, 2014/10/01 2014. doi: 10.1007/s00769-014-1065-4. (JCR SCI – CHEMISTRY, ANALYTICAL – Q4 (60 de 74); INSTRUMENTS & INSTRUMENTATION – Q3 (40 de 56) – IF 0.966)
9. [188] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz Benito and R. Therón Sánchez, "Visualización y Análisis de Datos en Mundos Virtuales Educativos: Comprendiendo la interacción de los usuarios en los entornos 3D," 2014.
10. [179] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito, C. Maderuelo, J. S. Pérez-Blanco and A. Martín-Suárez, "Usalpharma: A Cloud-Based Architecture to Support Quality Assurance Training Processes in Health Area Using Virtual Worlds," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, art. 659364, p. 10, 2014. doi: 10.1155/2014/659364. (SJR 0.392 – BIOCHEMISTRY, GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY (MISCELLANEOUS) – Q2; ENVIRONMENTAL SCIENCE (MISCELLANEOUS) – Q2; MEDICINE (MISCELLANEOUS) – Q2)
11. [202] A. Martin-Suarez *et al.*, "Scientific Knowledge Transfer Training Through a Virtual World," *Journal of Information Technology Research*

(*JITR*), vol. 7, no. 2, pp. 24-35, 2014. doi: 10.4018/jitr.2014040103. (SJR 0.119 – COMPUTER SCIENCE (MISCELLANEOUS) – Q4)

Artículos en congresos

1. [363] J. Cruz-Benito, I. Faro, F. Martín-Fernández, R. Therón and F. J. García-Peñalvo, "A Deep-Learning-based proposal to aid users in Quantum Computing programming," presented in HCI International 2018, Las Vegas, USA, 2018. doi: 10.1007/978-3-319-91152-6_32.
2. [321] J. Cruz-Benito, J. C. Sánchez-Prieto, A. Vázquez-Ingelmo, R. Therón, F. J. García-Peñalvo and M. Martín-González, "How different versions of layout and complexity of web forms affect users after they start it? A pilot experience," in *World Conference on Information Systems and Technologies*, 2018, pp. 971-979: Springer.
3. [409] A. Vázquez-Ingelmo, J. Cruz-Benito and F. J. García-Peñalvo, "Improving the OEEU's data-driven technological ecosystem's interoperability with GraphQL," presented in Fifth International Conference Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality 2017 (TEEM'17), Cádiz, Spain, October 18-20, 2017, 2017.
4. [410] R. Therón, J. Cruz-Benito, F. García-Sánchez, R. Santamaría and F. García-Peñalvo, "Innovación en la enseñanza de la Interacción Persona-Ordenador: interfaces imaginadas, ciencia-ficción y trabajo con usuarios reales," presented in IV Congreso Internacional sobre Innovación, Aprendizaje y Competitividad, CINAIC 2017, Zaragoza, Spain, 2017.
5. [411] J. Gómez Isla, F. García-Sánchez, J. Cruz-Benito and C. González García, "Procesos colaborativos de crítica y reflexión para la coevaluación de proyectos artísticos de alumnos de Bellas Artes mediante el uso de las tecnologías móviles," presented in IV Congreso Internacional sobre Innovación, Aprendizaje y Competitividad, CINAIC 2017, Zaragoza, Spain, 2017.
6. [322] J. Cruz-Benito *et al.*, "Improving Success/Completion Ratio in Large Surveys: A Proposal Based on Usability and Engagement," in *Learning and Collaboration Technologies. Technology in Education: 4th*

- International Conference, LCT 2017, Held as Part of HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada, July 9-14, 2017, Proceedings, Part II*, P. Zaphiris and A. Ioannou, Eds. pp. 352-370, Cham: Springer International Publishing, 2017. doi: 10.1007/978-3-319-58515-4_28.
7. [42] J. Cruz-Benito, R. Therón and F. J. García-Peñalvo, "Software Architectures Supporting Human-Computer Interaction Analysis: A Literature Review," in *Learning and Collaboration Technologies: Third International Conference, LCT 2016, Held as Part of HCI International 2016, Toronto, ON, Canada, July 17-22, 2016, Proceedings*, P. Zaphiris and A. Ioannou, Eds. pp. 125-136, Cham: Springer International Publishing, 2016. doi: 10.1007/978-3-319-39483-1_12.
 8. [412] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco and R. Therón, "Detección de aprendizaje no formal e informal en Comunidades de Aprendizaje soportadas por Redes Sociales en el contexto de un MOOC Cooperativo," in *Actas del XVII Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIE'15) (Setúbal, Portugal. 25-27 November 2015)*, M. d. R. r. Rodrigues, M. n. Llamas Nistal and M. Figueiredo, Eds. pp. 410-418, Portugal: Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Setúbal, 2015.
 9. [249] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco and R. Therón, "Detection of Non-Formal and Informal Learning in learning communities supported by social networks in the context of a Cooperative MOOC," in *Proceedings of the XVII International Symposium on Computers in Education (SIIE'15) (Setúbal, Portugal. 25-27 November 2015)*, M. d. R. r. Rodrigues, M. n. Llamas Nistal and M. Figueiredo, Eds., Portugal: IEEE, 2015.
 10. [413] A. García-Holgado, J. Cruz-Benito and F. J. García-Peñalvo, "Comparative analysis of the Knowledge Management in Spanish Public Administration," presented in III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad - CINAIC 2015, Madrid, 2015.
 11. [414] A. García-Holgado, J. Cruz-Benito and F. J. García-Peñalvo, "Analysis of Knowledge Management Experiences in Spanish Public Administration," presented in Third International Conference on

- Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'15), Porto, Portugal, 7-9, October, 2015.
12. [109] F. García-Sánchez, J. Cruz-Benito, R. Therón and J. Gómez-Isla, "Designing and building systems and tools to analyze visual communications on social networks," presented in Third International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'15), Porto, Portugal, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2808580.2808629>
 13. [333] F. Michavila, M. Martín-González, J. M. Martínez, F. J. García-Peñalvo and J. Cruz-Benito, "Analyzing the employability and employment factors of graduate students in Spain: The OEEU Information System," presented in Third International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'15), Porto, Portugal, 2015.
 14. [43] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco and R. Therón, "Extending MOOC ecosystems using web services and software architectures," in *Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction* pp. 1-7, Vilanova i la Geltrú, Spain: ACM, 2015. doi: 10.1145/2829875.2829923
 15. [250] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené and Á. Fidalgo Blanco, "Evolution of the Conversation and Knowledge Acquisition in Social Networks Related to a MOOC Course," in *Learning and Collaboration Technologies*, vol. 9192, P. Zaphiris and A. Ioannou, Eds. Lecture Notes in Computer Science, pp. 470-481, Switzerland: Springer International Publishing, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-20609-7_44.
 16. [415] J. Cruz-Benito, R. Therón and F. J. García-Peñalvo, "Analytics of information flows and decision making in heterogeneous learning ecosystems," in *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 2014, pp. 703-707: ACM
 17. [203] J. Cruz-Benito, F. J. García Peñalvo, R. Therón, C. Maderuelo, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, A. Martín-Suárez, "Using software

- architectures to retrieve interaction information in eLearning environments," in *Computers in Education (SIIE), 2014 International Symposium on* pp. 117-120, 2014. doi: 10.1109/SIIE.2014.7017715.
18. [177] J. Cruz-Benito, F. J. García-Peñalvo and R. Therón, "Defining generic data collectors for Learning Analytics: Facing up the heterogeneous data from heterogeneous environments," presented in International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT) 2014, Athens, Greece. , 2014. doi: 10.1109/ICALT.2014.108.
 19. [176] J. Cruz-Benito, R. Therón, F. J. García Peñalvo, C. Maderuelo, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, A. Martin-Suarez, "Monitoring and feedback of Learning Processes in Virtual Worlds through analytics architectures: A real case," in *Sistemas y Tecnologías de Información. Actas de la 9ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, vol. I Artículos, Á. Rocha, D. Fonseca, E. Redondo, L. P. Reis and M. P. Cota, Eds. pp. 1126-1131, Barcelona, España, June, 18-21, 2014: AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información), 2014.
 20. [204] A. Martín-Suárez, J. Cruz-Benito, J. S. Pérez-Blanco, M.d.C. Gutiérrez Millán, A. Zarzuelo Castañeda, M. J. de Jesús Valle, H. Zazo Gómez, C. Maderuelo Martín, J. M. Armenteros del Olmo, J. M. Lanao, "Virtual congresses for pharmaceutical learning," presented in Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality, Salamanca, Spain, 2013. doi: 10.1145/2536536.2536549.
 21. [215] J. Cruz-Benito, R. Therón, F. J. García-Peñalvo and E. Pizarro Lucas, "Analyzing users' movements in virtual worlds: discovering engagement and use patterns," presented in Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality, Salamanca, Spain, 2013. doi: 10.1145/2536536.2536622.

Capítulos de libro

1. [30] A. Vázquez-Ingelmo, J. Cruz-Benito, F. J. García-Peñalvo and M. Martín-González, "Scaffolding the OEEU's Data-Driven Ecosystem to Analyze the Employability of Spanish Graduates," in *Global*

- Implications of Emerging Technology Trends*, F. J. García-Peñalvo, Ed. pp. 236-255, Hershey, PA: IGI Global, 2018. doi: 10.4018/978-1-5225-4944-4.ch013.
2. [416] F. García-Sánchez, J. Gómez-Isla, R. Therón, J. Cruz-Benito and J. C. Sánchez-Prieto, "Developing a Research Method to Analyze Visual Literacy Based on Cross-Cultural Characteristics," in *Global Implications of Emerging Technology Trends* pp. 19-33: IGI Global, 2018.

Libros

1. [330] F. Michavila, J. M. Martínez, M. Martín-González, F. J. García-Peñalvo and J. Cruz-Benito, "Barómetro de Empleabilidad y Empleo de los Universitarios en España, 2015 (Primer informe de resultados)," Madrid, España: Observatorio de Empleabilidad y Empleo Universitarios, 2016.
2. [332] F. Michavila, J. Martínez, M. Martín-González, F. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito and A. Vázquez-Ingelmo, "Barómetro de empleabilidad y empleo universitarios. Edición Máster 2017," Madrid, España: Observatorio de Empleabilidad y Empleo Universitarios, 2018. Disponible en: <https://goo.gl/qK3kqo>

Informes

1. [323] J. Cruz-Benito, R. Therón, F. J. García-Peñalvo and M. Martín-González, "Herramienta para la validación de elementos de mejora UX/Engagement para los cuestionarios de recogida de información de egresados en el contexto del Observatorio de Empleabilidad y Empleo Universitarios (OEEU)," GRIAL Research Group. University of Salamanca, Salamanca, Spain, 2017. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.322575>.
2. [116] J. Cruz-Benito, "Systematic literature review & mapping," GRIAL Research Group, Department of Computers and Automatics. University of Salamanca 2016. doi: 10.5281/zenodo.165773.

3.2.2 Software liberado durante la tesis

1. [350] J. Cruz-Benito, A. Vázquez-Ingelmo and J. C. Sánchez-Prieto, "Code repository that supports the research presented in the paper "Enabling adaptability in web forms based on user characteristics detection through A/B testing and Machine Learning", " Github, 2017. Available from: <https://github.com/cbjuan/paper-ieeeAccess-2017>. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1009618>.
2. [417] J. Cruz-Benito, "Jupyter notebook developed to support the research presented in the paper "Proposing a machine learning approach to analyze and predict employment and its factors" ", Github, 2017. Available from: <https://github.com/cbjuan/paper-ijimai-ml-employability>. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1040464>.
3. [120] J. Cruz-Benito, "Code repository that supports the research presented in the paper "Software architectures supporting HCI/HMI processes: A systematic review and mapping of the literature", " Github, 2017. Available from: <https://github.com/cbjuan/slr-softwareArchitectures-HCI-HMI>. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1101169>

3.2.3 Registros oficiales de Propiedad Intelectual

1. [418] J. Cruz-Benito, C. Maderuelo Martin, F. J. García-Peñalvo, R. Therón Sánchez, A. Martín-Suárez, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, J. M. Armenteros del Olmo, "Sistemas de Comunicación Bidireccional entre Mundos Virtuales y Servidores mediante Servicios Web," Spain, 2016.
2. [406] A. Martín-Suárez, C. Maderuelo Martin, J. Cruz-Benito, J. S. Pérez-Blanco, J. M. Armenteros del Olmo and H. Zazo, "Sistemas Conversacionales para el guiado de usuarios en tareas dentro de Mundo Virtuales," Spain, 2016.
3. Hay otros tres registros presentados y pendientes de aprobación en España. Todos ellos fueron enviados para su revision en Mayo de 2018.

3.2.4 Estancia predoctoral de investigación

1. Centro de Investigación: IBM T.J. Watson Research Center
 - a. Ubicación: 200 Aqueduct Road, Ossining NY. Yorktown Heights, New York 10598 Estados Unidos de América
 - b. Entidad que acoge: IBM Research
 - c. Departamento: IBM Research AI & Q
 - d. Supervisor: Ismael Faro Sertage
 - e. Periodo: 20/09/2017 – 22/12/2017
 - f. Temática: Interacción Persona-Ordenador, Ingeniería del Software, Inteligencia Artificial

3.2.5 Premios

1. Premio al mejor artículo dentro del track “International Workshop on Software Engineering for E-Learning (ISELEAR’17)” del congreso the International Conference Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM) 2017 celebrado en Cádiz, España entre el 18y 20 de Octubre de 2017. Premio obtenido por el artículo “Improving the OEEU's data-driven technological ecosystem's interoperability with GraphQL” desarrollado junto a A. Vázquez-Ingelmo y F. J. García-Peñalvo.

3.2.6 Ayudas recibidas

1. Ayuda para la financiación para contratar personal de investigación predoctoral, co-financiado por el Fondo Social Europeo (EDU/310/2015)
 - a. Tipo de ayuda: Predoctoral
 - b. Entidad que la concede: Junta de Castilla y León, Spain
 - c. Tipo de entidad: Gobierno de la Comunidad Autónoma
 - d. Periodo: 24/11/2015 – 31/12/2017
 - e. Entidad donde se realizó la actividad: Universidad de Salamanca
 - f. Cantidad máxima de la ayuda: 73,769.68€
2. Ayuda para estudiantes matriculados en programas de doctorado regulados por el decreto RD99/2011. Modalidad de conferencias

- a. Tipo de ayuda: Predoctoral
 - b. Entidad que la concede: Universidad de Salamanca
 - c. Periodo: 1/09/2016 – 31/08/2017
 - d. Entidad donde se realizó la actividad: Universidad de Salamanca
 - e. Cantidad de la ayuda: 500€
3. Ayuda para estudiantes matriculados en programas de doctorado regulados por el decreto RD99/2011. Modalidad de publicaciones
- a. Tipo de ayuda: Predoctoral
 - b. Entidad que la concede: Universidad de Salamanca
 - c. Periodo: 1/09/2015 – 31/08/2016
 - d. Entidad donde se realizó la actividad: Universidad de Salamanca
 - e. Cantidad de la ayuda: 500€
4. Ayuda para estudiantes de doctorado. Campus Internacional de Excelencia. Escuela de Doctorado Studii Salamantini
- a. Tipo de ayuda: Predoctoral
 - b. Entidad que la concede: Universidad de Salamanca
 - c. Periodo: 1/09/2013 – 31/08/2014
 - d. Entidad donde se realizó la actividad: Universidad de Salamanca
 - e. Cantidad de la ayuda: 500€

Referencias

- [1] P. Kruchten, *The Rational Unified Process*, 3rd ed. (Object Technology Series). Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 2004.
- [2] L. Bass, P. Clements and R. Kazman, *Software Architecture in Practice*, 3rd ed. (The SEI Series in Software Engineering). Upper Saddle River, NJ, USA: Addison-Wesley, 2013.
- [3] T. T. Hewett *et al.*, "ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction," ACM, New York, NY, USA, 0897914740, 1992.
- [4] A. Dix, "Human-Computer Interaction," in *Encyclopedia of Database Systems*, L. Liu and M. T. Özsu, Eds. pp. 1327-1331, Boston, MA: Springer US, 2009. doi: 10.1007/978-0-387-39940-9_192.
- [5] J. Cannan and H. Hu, "Human-machine interaction (HMI): A survey," *University of Essex*, 2011.
- [6] J.-M. Hoc, "From human-machine interaction to human-machine cooperation," *Ergonomics*, vol. 43, no. 7, pp. 833-843, 2000.
- [7] C. D. Tran, H. Ezzedine and C. Kolski, "Evaluation of Agent-based Interactive Systems: Proposal of an Electronic Informer Using Petri Nets," *J. UCS*, vol. 14, no. 19, pp. 3202-3216, 2008.
- [8] A. Seffah, J. Gulliksen and M. Desmarais, "An introduction to human-centered software engineering: Integrating usability in the development process," in *Human-Centered Software Engineering --- Integrating Usability in the Software Development Lifecycle*, A. Seffah, J. Gulliksen and M. Desmarais, Eds. pp. 3-14, Dordrecht: Springer Netherlands, 2005. doi: 10.1007/1-4020-4113-6_1.
- [9] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, "Architectural pattern to improve the definition and implementation of eLearning ecosystems," *Science of Computer Programming*, vol. 129, no. Supplement C, pp. 20-34, 2016/11/01/ 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scico.2016.03.010>.
- [10] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, "A Metamodel Proposal for Developing Learning Ecosystems," in *Learning and Collaboration Technologies. Novel Learning Ecosystems: 4th International Conference, LCT 2017, Held as Part of HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada, July 9-14, 2017, Proceedings, Part I*, P. Zaphiris and A. Ioannou, Eds. pp. 100-109, Cham: Springer International Publishing, 2017. doi: 10.1007/978-3-319-58509-3_10.
- [11] A. García-Holgado and F. García-Peñalvo, "Human interaction in learning ecosystems based on open source solutions," presented in HCI International 2018. 20th Conference on Human-Computer Interaction, Las Vegas, Nevada, USA, 15-20 July 2018, 2018.
- [12] J. Bosch and N. Juristo, "Designing software architectures for usability," in *Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering*, 2003, pp. 757-758: IEEE Computer Society
- [13] B. E. John and L. Bass, "Usability and software architecture," *Behaviour & Information Technology*, vol. 20, no. 5, pp. 329-338, 2001/01/01 2001. doi: 10.1080/01449290110081686.
- [14] A. Seffah, "Adding Usability Quality Attributes into Interactive Systems Architecture: A Pattern-Based Approach," in *Patterns of HCI Design and HCI Design of Patterns: Bridging HCI Design and Model-Driven Software Engineering*, A. Seffah, Ed. pp. 59-80, Cham: Springer International Publishing, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-15687-3_4.
- [15] A. Goldberg and D. Robson, *Smalltalk-80: the language and its implementation*. Menlo Park, California, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1983.
- [16] J. Coutaz, "PAC, an object oriented model for dialog design," in *Human-Computer Interaction-INTERACT'87* pp. 431-436, Federal Republic of Germany: Elsevier, 1987.
- [17] L. Bass, B. E. John and J. Kates, "Achieving usability through software architecture," presented in 23rd International Conference on Software Engineering, 2001.
- [18] D. Agrawal, S. Das and A. El Abbadi, "Big data and cloud computing: current state and future opportunities," in *Proceedings of the 14th International Conference on Extending Database Technology*, Uppsala, Sweden, 2011, pp. 530-533, New York, NY, USA: ACM

- [19] R. Agrawal *et al.*, "The Claremont report on database research," *ACM SIGMOD Record*, vol. 37, no. 3, pp. 9-19, 2008.
- [20] M. Armbrust *et al.*, "Above the clouds: A Berkeley view of cloud computing," *Dept. Electrical Eng. and Comput. Sciences, University of California, Berkeley, Rep. UCB/EECS*, vol. 28, 2009.
- [21] M. Barlow, "Innovation, Security, and Compliance in a World of Big Data," O'Reilly 2014.
- [22] J. Cohen, B. Dolan, M. Dunlap, J. M. Hellerstein and C. Welton, "MAD skills: new analysis practices for big data," *Proceedings of the VLDB Endowment*, vol. 2, no. 2, pp. 1481-1492, 2009.
- [23] S. Lohr, "The age of big data," *New York Times*, vol. 11, 2012.
- [24] C. Lynch, "Big data: How do your data grow?," *Nature*, vol. 455, no. 7209, pp. 28-29, 2008.
- [25] A. McAfee, E. Brynjolfsson, T. H. Davenport, D. J. Patil and D. Barton, "Big data. The management revolution," *Harvard Business Review*, vol. 90, no. 10, pp. 61-67, 2012.
- [26] J. Seo and B. Shneiderman, "Knowledge discovery in high-dimensional data: Case studies and a user survey for the rank-by-feature framework," *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, vol. 12, no. 3, pp. 311-322, 2006.
- [27] J. P. Shim, M. Warkentin, J. F. Courtney, D. J. Power, R. Sharda and C. Carlsson, "Past, present, and future of decision support technology," *Decision support systems*, vol. 33, no. 2, pp. 111-126, 2002.
- [28] J. Srivastava, R. Cooley, M. Deshpande and P.-N. Tan, "Web usage mining: Discovery and applications of usage patterns from web data," *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, vol. 1, no. 2, pp. 12-23, 2000.
- [29] Y. Tong, L. Chen, Y. Cheng and P. S. Yu, "Mining frequent itemsets over uncertain databases," *Proceedings of the VLDB Endowment*, vol. 5, no. 11, pp. 1650-1661, 2012.
- [30] A. Vázquez-Ingelmo, J. Cruz-Benito, F. J. García-Peñalvo and M. Martín-González, "Scaffolding the OEEU's Data-Driven Ecosystem to Analyze the Employability of Spanish Graduates," in *Global Implications of Emerging Technology Trends*, F. J. García-Peñalvo, Ed. pp. 236-255, Hershey, PA: IGI Global, 2018. doi: 10.4018/978-1-5225-4944-4.ch013.
- [31] H. Wickham, "Tidy data," *Journal of Statistical Software*, vol. 59, no. 10, pp. 1-23, 2014.
- [32] World Wide Web Consortium (W3C). (2004, 15/03/2015). *RDF Semantics. W3C Recommendation 10 February 2004*. Available from: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdfmt-20040210/>.
- [33] H.-c. Yang, A. Dasdan, R.-L. Hsiao and D. S. Parker, "Map-reduce-merge: simplified relational data processing on large clusters," in *Proceedings of the 2007 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, 2007, pp. 1029-1040: ACM
- [34] X. Zhu and I. Davidson, *Knowledge Discovery and Data Mining: Challenges and Realities*. Hershey, PA, USA: IGI Global, 2007.
- [35] H. Chen, R. H. Chiang and V. C. Storey, "Business intelligence and analytics: from big data to big impact," *MIS quarterly*, pp. 1165-1188, 2012.
- [36] F. Webster, *Theories of the information society*. New York, NY, USA: Routledge, 2014.
- [37] C. Stephanidis and A. Savidis, "Universal access in the information society: methods, tools, and interaction technologies," *Universal access in the information society*, vol. 1, no. 1, pp. 40-55, 2001.
- [38] UNESCO, "Toward knowledge societies," in "UNESCO World Report," Conde-sur-Noireau, France, 2005.
- [39] N. Stehr, *Knowledge societies*. Canada: Wiley Online Library, 1994.
- [40] P. Drucker, *Post-capitalist society*. New York, NY, USA: Routledge, 2012.
- [41] F. Buschmann, *Pattern oriented software architecture: a system of patterns*. West Sussex, England John Wiley & Sons 1999.
- [42] J. Cruz-Benito, R. Therón and F. J. García-Peñalvo, "Software Architectures Supporting Human-Computer Interaction Analysis: A Literature Review," in *Learning and Collaboration Technologies: Third International Conference, LCT 2016, Held as Part of HCI International 2016, Toronto, ON, Canada, July 17-22, 2016, Proceedings*, P. Zaphiris and A. Ioannou, Eds. pp. 125-136, Cham: Springer International Publishing, 2016. doi: 10.1007/978-3-319-39483-1_12.
- [43] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco and R. Therón, "Extending MOOC ecosystems using web services and software architectures," in *Proceedings*

- of the XVI International Conference on Human Computer Interaction pp. 1-7, Vilanova i la Geltrú, Spain: ACM, 2015. doi: 10.1145/2829875.2829923.
- [44] A. Holzinger, "Human-Computer Interaction and Knowledge Discovery (HCI-KDD): What is the benefit of bringing those two fields to work together?," in *International Conference on Availability, Reliability, and Security*, 2013, pp. 319-328: Springer
 - [45] J. Zyt, W. Klosgen and J. Zytkow, *Handbook of data mining and knowledge discovery*. Oxford, England: Oxford University Press, 2002.
 - [46] O. Maimon and L. Rokach, "Introduction to knowledge discovery and data mining," in *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook* pp. 1-15, USA: Springer, 2009.
 - [47] U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro and P. Smyth, "From data mining to knowledge discovery in databases," *AI magazine*, vol. 17, no. 3, p. 37, 1996.
 - [48] U. M. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro and P. Smyth, "Knowledge Discovery and Data Mining: Towards a Unifying Framework," in *KDD*, 1996, vol. 96, pp. 82-88
 - [49] U. M. Fayyad, "Data mining and knowledge discovery: Making sense out of data," *IEEE Expert: Intelligent Systems and Their Applications*, vol. 11, no. 5, pp. 20-25, 1996.
 - [50] T. Imielinski and H. Mannila, "A database perspective on knowledge discovery," *Communications of the ACM*, vol. 39, no. 11, pp. 58-64, 1996.
 - [51] SIGKDD: The ACM's Special Interest Group on Knowledge Discovery and Data Mining. (2018, 11/06/2018). *KDD Conferences*. Available from: <http://www.kdd.org/conferences>.
 - [52] U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro and P. Smyth, "The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data," *Communications of the ACM*, vol. 39, no. 11, pp. 27-34, 1996.
 - [53] P. Domingos, *The master algorithm: How the quest for the ultimate learning machine will remake our world*. New York, NY, USA: Basic Books, 2015.
 - [54] G. Piatetsky-Shapiro, "Knowledge discovery in databases: 10 years after," *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, vol. 1, no. 2, pp. 59-61, 2000.
 - [55] I. Benbasat, "HCI research: Future challenges and directions," *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, vol. 2, no. 2, p. 1, 2010.
 - [56] R. Poppe, R. Rienks and B. van Dijk, "Evaluating the future of HCI: challenges for the evaluation of emerging applications," in *Artificial Intelligence for Human Computing* pp. 234-250: Springer, 2007.
 - [57] S. B. Shneiderman and C. Plaisant, *Designing the user interface 4 th edition*. Boston, MA, USA: Pearson Addison Wesley, 2005.
 - [58] B. Myers, "Challenges of HCI design and implementation," *interactions*, vol. 1, no. 1, pp. 73-83, 1994.
 - [59] D. A. Norman and S. W. Draper, *User Centered System Design: New perspectives on human-computer interaction*. L. Erlbaum Associates Inc, 1986.
 - [60] C. Jarrett and G. Gaffney, *Forms that work: Designing Web forms for usability*. Burlington, USA: Morgan Kaufmann, 2009.
 - [61] S. Krug, *Don't make me think!: a common sense approach to Web usability*. Berkeley, USA: Pearson Education, 2000.
 - [62] D. Norman, "Emotion & design: attractive things work better," *interactions*, vol. 9, no. 4, pp. 36-42, 2002.
 - [63] M. Seckler, S. Heinz, S. Forde, A. N. Tuch and K. Opwis, "Trust and distrust on the web: User experiences and website characteristics," *Computers in Human Behavior*, vol. 45, pp. 39-50, 2015.
 - [64] B. Shneiderman, "Designing trust into online experiences," *Communications of the ACM*, vol. 43, no. 12, pp. 57-59, 2000.
 - [65] O. W. Bertelsen, "Tertiary Artifacts at the interface," *Aesthetic computing*, pp. 357-368, 2006.
 - [66] A. I. Mørch, G. Stevens, M. Won, M. Klann, Y. Dittrich and V. Wulf, "Component-based technologies for end-user development," *Communications of the ACM*, vol. 47, no. 9, pp. 59-62, 2004.
 - [67] J. Cruz-Benito, A. Vázquez-Ingelmo, J. C. Sánchez-Prieto, R. Therón, F. J. García-Peñalvo and M. Martín-González, "Enabling Adaptability in Web Forms Based on User Characteristics Detection Through A/B Testing and Machine Learning," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 2251-2265, 2018. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2782678.

- [68] S. Bødker, "When second wave HCI meets third wave challenges," in *Proceedings of the 4th Nordic conference on Human-computer interaction: changing roles*, 2006, pp. 1-8: ACM
- [69] C. Stephanidis *et al.*, "Toward an Information Society for All: HCI challenges and R&D recommendations," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 11, no. 1, pp. 1-28, 1999.
- [70] A. Holzinger, "On knowledge discovery and interactive intelligent visualization of biomedical data," in *Proceedings of the Int. Conf. on Data Technologies and Applications DATA*, 2012, pp. 5-16
- [71] A. Holzinger and I. Jurisica, "Knowledge discovery and data mining in biomedical informatics: The future is in integrative, interactive machine learning solutions," in *Interactive knowledge discovery and data mining in biomedical informatics* pp. 1-18: Springer, 2014.
- [72] D. J. Patil and H. Mason, O'Reilly, Ed. *Data Driven. Creating a Data Culture*. USA: O'Reilly, 2014.
- [73] M. A. Waller and S. E. Fawcett, "Data science, predictive analytics, and big data: a revolution that will transform supply chain design and management," *Journal of Business Logistics*, vol. 34, no. 2, pp. 77-84, 2013.
- [74] T. H. Davenport and D. Patil, "Data Scientist: The Sexiest Job of the 21st Century," *Harvard Business Review*, no. 10, 2012.
- [75] D. J. Patil, "Data Jujitsu: The Art of Turning Data into Product," O'Reilly, USA, 2014.
- [76] W. S. Cleveland, "Data science: an action plan for expanding the technical areas of the field of statistics," *International statistical review*, vol. 69, no. 1, pp. 21-26, 2001.
- [77] C. A. Mattmann, "Computing: A vision for data science," *Nature*, vol. 493, no. 7433, p. 473, 2013.
- [78] M. Mobjörk, "Consulting versus participatory transdisciplinarity: a refined classification of transdisciplinary research," *Futures*, vol. 42, no. 8, pp. 866-873, 2010.
- [79] F. Wickson, A. L. Carew and A. W. Russell, "Transdisciplinary research: characteristics, quandaries and quality," *Futures*, vol. 38, no. 9, pp. 1046-1059, 2006.
- [80] G. D. Brooks, "Cherne, L., remarks at the Discover America meeting, Brussels, June 27, 1968. as cited in "Computer science: A neglected area in schools of education" " *The Phi Delta Kappan*, vol. 53, no. 2, pp. 121-122, 1971.
- [81] D. Hemmendinger, "A plea for modesty," *ACM Inroads*, vol. 1, no. 2, pp. 4-7, 2010. doi: 10.1145/1805724.1805725.
- [82] A. Jaimes, N. Sebe and D. Gatica-Perez, "Human-centered computing: a multimedia perspective," in *Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimedia*, 2006, pp. 855-864: ACM
- [83] L. Bannon, "Reimagining HCI: Toward a more human-centered perspective," *interactions*, vol. 18, no. 4, pp. 50-57, 2011.
- [84] M. Pantic, A. Pentland, A. Nijholt and T. S. Huang, "Human Computing and Machine Understanding of Human Behavior: A Survey," in *Artificial Intelligence for Human Computing*, Berlin, Heidelberg, 2007, pp. 47-71: Springer Berlin Heidelberg
- [85] E. Folmer, M. v. Welie and J. Bosch, "Bridging patterns: An approach to bridge gaps between SE and HCI," *Information and Software Technology*, vol. 48, no. 2, pp. 69-89, 2// 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2005.02.005>.
- [86] L. Briz Ponce, "Análisis de la efectividad en las Aplicaciones m-health en dispositivos móviles dentro del ámbito de la formación médica," 2016.
- [87] M. M. Catalina and G. G. Arturo, *Técnicas e instrumentos de recogida y análisis de datos*. Madrid, España: Editorial UNED, 2014.
- [88] J. W. Creswell, *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*, 2nd ed. California, USA: Sage Publications, Inc., 2003. doi: 10.3109/08941939.2012.723954.
- [89] E. Pizarro Lucas, J. Cruz Benito and O. Gil Gonzalo, "USALSIM: Learning and Professional Practicing in a 3D Virtual World," in *2nd International Workshop on Evidence-based Technology Enhanced Learning* pp. 75-82: Springer International Publishing, 2013.
- [90] J. Cruz, R. Therón, E. Pizarro and F. J. García-Peñalvo, "Análisis de Datos en Mundos Virtuales Educativos," *Actas del XV Simposio Internacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE13)*, 2013.

- [91] J. Cruz, R. Therón, E. Pizarro and F. J. García-Peñalvo, "Knowledge Discovery in Virtual Worlds Usage Data: approaching Web Mining concepts to 3D Virtual Environments," *Proceedings Fourth International Workshop on Knowledge Discovery, Knowledge Management and Decision Support (Eureka-2013)*, 2013.
- [92] J. Cruz-Benito, R. Therón and E. Pizarro-Lucas, "Soluciones Visuales Interactivas aplicadas a Grandes Volúmenes de Datos de Entornos 3D de Aprendizaje y Prácticas," *Avances en Informática y Automática. Séptimo Workshop*, pp. 37-54, 2013.
- [93] F. J. García-Peñalvo, M. J. Rodríguez-Conde, A. M. Seoane-Pardo, M. A. Conde-González, V. Zangrando and A. García-Holgado, "GRIAL (GRupo de investigación en InterAcción y eLearning), USAL," *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, no. 15, pp. 85-94, 2012.
- [94] GRIAL Research Group, "GRIAL Research Group Scientific Production Report (2011-2017). Version 2.0," Salamanca, Spain, Technical Report, GRIAL-TR-2018-004, 2018. Available from: <https://goo.gl/kiUFn9>. doi: 10.5281/zenodo.1217097.
- [95] D. A. Gómez Aguilar, F. J. García-Peñalvo and R. Therón, "Analítica Visual en eLearning," *El Profesional de la Información*, vol. 23, no. 3, pp. 233-242, 2014.
- [96] D. A. Gómez-Aguilar, Á. Hernández-García, F. J. García-Peñalvo and R. Therón, "Tap into visual analysis of customization of grouping of activities in eLearning," *Computers in Human Behavior*, vol. 47, pp. 60-67, 2015. doi: 10.1016/j.chb.2014.11.001.
- [97] D. A. Gómez-Aguilar, "Analítica Visual en eLearning," Department of Computer Science and Automation, University of Salamanca, Salamanca, Spain, 2015.
- [98] M. Á. Conde González, "Personalización del aprendizaje: Framework de servicios para la integración de aplicaciones online en los sistemas de gestión del aprendizaje," Department of Computer Science and Automation, University of Salamanca, Salamanca, Spain, 2012.
- [99] J. García, F. J. García-Peñalvo, R. Therón and P. O. de Pablos, "Usability evaluation of a visual modelling tool for owl ontologies," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 17, no. 9, pp. 1299-1313, 2011.
- [100] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, "Architectural pattern to improve the definition and implementation of eLearning ecosystems," *Science of Computer Programming*, vol. 129, pp. 20-34, 2016.
- [101] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, "Architectural pattern for the definition of eLearning ecosystems based on Open Source developments," in *Proceedings of 2014 International Symposium on Computers in Education (SIIE), Logroño, La Rioja, Spain, 12-14 Nov. 2014*, J. L. Sierra-Rodríguez, J. M. Doderó-Beardo and D. Burgos, Eds. pp. 93-98, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2014.
- [102] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, "The evolution of the technological ecosystems: an architectural proposal to enhancing learning processes," presented in Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality, Salamanca, Spain, 2013. doi: 10.1145/2536536.2536623.
- [103] J. C. Sánchez-Prieto, S. Olmos-Migueláñez and F. J. García-Peñalvo, "MLearning and pre-service teachers: An assessment of the behavioral intention using an expanded TAM model," *Computers in Human Behavior*, vol. 72, pp. 644-654, 2017.
- [104] J. C. Sánchez-Prieto, S. Olmos-Migueláñez and F. J. García-Peñalvo, "Informal tools in formal contexts: Development of a model to assess the acceptance of mobile technologies among teachers," *Computers in Human Behavior*, vol. 55A, pp. 519-528, 2016. doi: 10.1016/j.chb.2015.07.002.
- [105] J. C. Sánchez Prieto, S. Olmos Migueláñez and F. J. García-Peñalvo, "Understanding mobile learning: devices, pedagogical implications and research lines," *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, vol. 15, no. 1, 2014.
- [106] F. García-Sánchez, J. Gómez-Isla and R. Therón, "Formulario de evaluación por expertos de un cuestionario para la observación de la Alfabetización Visual en el público consumidor de nuevas tecnologías," GRIAL Research Group,, Zenodo, 2018. Available from: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1156294>. doi: 10.5281/zenodo.1156294.
- [107] F. García-Sánchez, J. Gómez-Isla and R. Therón, "Questionnaire for the observation of visual literacy in the public consumer in the new technologies," GRIAL Research Group,, Zenodo, 2018. Available from: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1210996>. doi: 10.5281/zenodo.1210996.

- [108] F. García-Sánchez and J. Cruz-Benito. (2018, 1/04/2018). *felicidadgsanchez/experts-evaluation-2018Questionnaire: Analysis performed on the experts assessment*. Available from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1211000>.
- [109] F. García-Sánchez, J. Cruz-Benito, R. Therón and J. Gómez-Isla, "Designing and building systems and tools to analyze visual communications on social networks," presented in Third International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'15), Porto, Portugal, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2808580.2808629>.
- [110] F. García-Sánchez, R. Therón and J. Gómez-Isla, "The relationships between visual communication and informal learning," presented in Third International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'15), Porto, Portugal, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2808580.2808654>.
- [111] Á. F. Agudo-Peregrina, S. Iglesias-Pradas, M. Á. Conde-González and Á. Hernández-García, "Can we predict success from log data in VLEs? Classification of interactions for learning analytics and their relation with performance in VLE-supported F2F and online learning," *Computers in human behavior*, vol. 31, pp. 542-550, 2014.
- [112] F. J. García Peñalvo, M. Á. Conde García, M. Alíer Forment and M. J. Casany Guerrero, "Opening learning management systems to personal learning environments," *Journal of universal computer science: J. UCS*, vol. 17, no. 9, pp. 1222-1240, 2011.
- [113] F. J. García-Peñalvo, M. Johnson, G. R. Alves, M. Minović and M. Á. Conde-González, "Informal learning recognition through a cloud ecosystem," *Future Generation Computer Systems*, vol. 32, pp. 282-294, 2014.
- [114] B. Kitchenham, O. P. Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey and S. Linkman, "Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review," *Information and software technology*, vol. 51, no. 1, pp. 7-15, 2009.
- [115] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," Technical report, EBSE Technical Report EBSE-2007-01 2007.
- [116] J. Cruz-Benito, "Systematic literature review & mapping," GRIAL Research Group, Department of Computers and Automatics. University of Salamanca 2016. doi: [10.5281/zenodo.165773](https://doi.org/10.5281/zenodo.165773).
- [117] F. García-Peñalvo, "Mapping sistemáticos de literatura. Caso práctico de planificación usando Parsifal," Grupo GRIAL, Universidad de Salamanca, Salamanca, España, 2017. Available from: <https://repositorio.grial.eu/handle/grial/1058>. doi: [10.5281/zenodo.1069690](https://doi.org/10.5281/zenodo.1069690)
- [118] B. A. Kitchenham, D. Budgen and O. Pearl Brereton, "Using mapping studies as the basis for further research – A participant-observer case study," *Information and Software Technology*, vol. 53, no. 6, pp. 638-651, 2011/06/01/ 2011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.12.011>.
- [119] M. Petticrew and H. Roberts, *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. USA: John Wiley & Sons, 2008.
- [120] J. Cruz-Benito, "Code repository that supports the research presented in the paper "Software architectures supporting HCI/HMI processes: A systematic review and mapping of the literature"," Github, 2017. Available from: <https://github.com/cbjuan/slr-softwareArchitectures-HCI-HMI>. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1101169>
- [121] F. W. Neiva, J. M. N. David, R. Braga and F. Campos, "Towards pragmatic interoperability to support collaboration: A systematic review and mapping of the literature," *Information and Software Technology*, vol. 72, pp. 137-150, 4// 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2015.12.013>.
- [122] A. B. Soomro, N. Salleh, E. Mendes, J. Grundy, G. Burch and A. Nordin, "The effect of software engineers' personality traits on team climate and performance: A Systematic Literature Review," *Information and Software Technology*, vol. 73, pp. 52-65, 5// 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2016.01.006>.
- [123] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman and The Prisma Group, "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement," *PLOS Medicine*, vol. 6, no. 7, p. e1000097, 2009. doi: [10.1371/journal.pmed.1000097](https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097).
- [124] R. Kazman, L. Bass, G. Abowd and M. Webb, "SAAM: a method for analyzing the properties of software architectures," in *Proceedings of 16th International Conference on Software Engineering*, 1994, pp. 81-90 doi: [10.1109/ICSE.1994.296768](https://doi.org/10.1109/ICSE.1994.296768).

- [125] S. Card, A. Newell and T. P. Moran, *The psychology of human-computer interaction*. Hillsdale, NJ, USA: L. Erlbaum Associates Inc, 1983.
- [126] E. L. Hutchins, J. D. Hollan and D. A. Norman, "Direct manipulation interfaces," *Human-Computer Interaction*, vol. 1, no. 4, pp. 311-338, 1985.
- [127] Z. Chaczko, W. Alenazy and C. Y. Chan, "Middleware-based Software Architecture for Interactions in the Smart Learning Environment," *INNOVATION MANAGEMENT AND SUSTAINABLE ECONOMIC COMPETITIVE ADVANTAGE: FROM REGIONAL DEVELOPMENT TO GLOBAL GROWTH, VOLS I-VI, 2015*, 2015.
- [128] R. Alonzo, S. Cremer, F. Mirza, S. Gowda, L. Mastromoro and D. O. Popa, "Multi-modal sensor and HMI integration with applications in personal robotics," in *SPIE Sensing Technology + Applications*, 2015, vol. 9494, p. 8: SPIE
- [129] M. A. Mackin, P. T. Gonia and J. A. Lombay-Gonzalez, "An Information System prototype for analysis of astronaut/computer interaction during simulated EVA," in *Aerospace Conference, 2012 IEEE*, 2012, pp. 1-8 doi: 10.1109/AERO.2012.6187352.
- [130] A. Bozzon, M. Brambilla, P. Fraternali, P. Speroni and G. Toffetti, "Applying Web-based Networking Protocols and Software Architectures for providing adaptivity, personalization, and remotization features to Industrial Human Machine Interface Applications," in *21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA '07)*, 2007, pp. 940-947 doi: 10.1109/AINA.2007.39.
- [131] G. Pires, N. Honorio, C. Lopes, U. Nunes and A. T. Almeida, "Autonomous wheelchair for disabled people," in *Industrial Electronics, 1997. ISIE '97., Proceedings of the IEEE International Symposium on*, 1997, pp. 797-801 vol.3 doi: 10.1109/ISIE.1997.648641.
- [132] P. Tiefenbacher, F. Bumberger and G. Rigoll, "Evaluation of Industrial Touch Interfaces Using a Modular Software Architecture," in *Human-Computer Interaction. Theories, Methods, and Tools: 16th International Conference, HCI International 2014, Heraklion, Crete, Greece, June 22-27, 2014, Proceedings, Part I*, M. Kurosu, Ed. pp. 589-600, Cham: Springer International Publishing, 2014. doi: 10.1007/978-3-319-07233-3_54.
- [133] D. M. Calandra, A. Caso, F. Cutugno, A. Origlia and S. Rossi, "CoWME: a general framework to evaluate cognitive workload during multimodal interaction," presented in Proceedings of the 15th ACM on International conference on multimodal interaction, Sydney, Australia, 2013. doi: 10.1145/2522848.2522867.
- [134] M. Caruso *et al.*, "My-World-in-My-Tablet: An Architecture for People with Physical Impairment," in *Human-Computer Interaction. Interaction Modalities and Techniques: 15th International Conference, HCI International 2013, Las Vegas, NV, USA, July 21-26, 2013, Proceedings, Part IV*, M. Kurosu, Ed. pp. 637-647, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. doi: 10.1007/978-3-642-39330-3_69.
- [135] A. Bigdelou, L. Schwarz and N. Navab, "An adaptive solution for intra-operative gesture-based human-machine interaction," presented in Proceedings of the 2012 ACM international conference on Intelligent User Interfaces, Lisbon, Portugal, 2012. doi: 10.1145/2166966.2166981.
- [136] F. Pittarello, "Designing a Context-Aware Architecture for Emotionally Engaging Mobile Storytelling," in *Human-Computer Interaction - INTERACT 2011: 13th IFIP TC 13 International Conference, Lisbon, Portugal, September 5-9, 2011, Proceedings, Part I*, P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque and M. Winckler, Eds. pp. 144-151, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. doi: 10.1007/978-3-642-23774-4_14.
- [137] C. Jacquet, Y. Bellik and Y. Bourda, "KUP: a model for the multimodal presentation of information in ambient intelligence," *IET Conference Proceedings*, pp. 432-439: Institution of Engineering and Technology, 2007, Available from: http://digital-library.theiet.org/content/conferences/10.1049/cp_20070403.
- [138] S. Kim, J. Choi and M. Kim, "Interactive Software Architecture for Service Robots," in *2006 SICE-ICASE International Joint Conference*, 2006, pp. 4270-4275 doi: 10.1109/SICE.2006.314873.
- [139] B. Parsons, P. Warner, A. White and R. Gill, "An adaptable user interface and controller for a rehabilitation robotic arm," in *Advanced Robotics, 1997. ICAR '97. Proceedings., 8th International Conference on*, 1997, pp. 919-923 doi: 10.1109/ICAR.1997.620291.

- [140] L. Nigay and J. Coutaz, "A generic platform for addressing the multimodal challenge," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 1995, pp. 98-105: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.
- [141] A. Heigemeyr and A. Harrer, "Information Management for Adaptive Automotive Human Machine Interfaces," presented in Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, Seattle, WA, USA, 2014. doi: 10.1145/2667317.2667341.
- [142] S. Jalaliniya, D. Mardanbegi, I. Sintos and D. G. Garcia, "EyeDroid: an open source mobile gaze tracker on Android for eyewear computers," presented in Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers, Osaka, Japan, 2015. doi: 10.1145/2800835.2804336.
- [143] L. Wang and A. Canedo, "Offloading industrial human-machine interaction tasks to mobile devices and the cloud," in *Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)*, 2014, pp. 1-4 doi: 10.1109/ETFA.2014.7005249.
- [144] M. Mayer *et al.*, "Self-optimising Assembly Systems for Handling Large Components," in *Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering 2011/2012*, S. Jeschke, I. Isenhardt, F. Hees and K. Henning, Eds. pp. 681-740, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. doi: 10.1007/978-3-642-33389-7_53.
- [145] T. S. de Alencar, L. R. Machado, L. de Oliveira Neris and V. P. de Almeida Neris, "Addressing the Users' Diversity in Ubiquitous Environments through a Low Cost Architecture," in *Universal Access in Human-Computer Interaction. Aging and Assistive Environments: 8th International Conference, UAHCI 2014, Held as Part of HCI International 2014, Heraklion, Crete, Greece, June 22-27, 2014, Proceedings, Part III*, C. Stephanidis and M. Antona, Eds. pp. 439-450, Cham: Springer International Publishing, 2014. doi: 10.1007/978-3-319-07446-7_43.
- [146] P. A. Rego, P. M. Moreira and L. P. Reis, "Architecture for Serious Games in Health Rehabilitation," in *New Perspectives in Information Systems and Technologies, Volume 2*, Á. Rocha, A. M. Correia, F. B. Tan and K. A. Stroetmann, Eds. pp. 307-317, Cham: Springer International Publishing, 2014. doi: 10.1007/978-3-319-05948-8_30.
- [147] S. Bongartz, Y. Jin, F. Paternò, J. Rett, C. Santoro and L. D. Spano, "Adaptive User Interfaces for Smart Environments with the Support of Model-Based Languages," in *Ambient Intelligence: Third International Joint Conference, AmI 2012, Pisa, Italy, November 13-15, 2012. Proceedings*, F. Paternò, B. de Ruyter, P. Markopoulos, C. Santoro, E. van Loenen and K. Luyten, Eds. pp. 33-48, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. doi: 10.1007/978-3-642-34898-3_3.
- [148] M. Vega-Barbas, I. Pau, M. Martín-Ruiz and F. Seoane, "Adaptive Software Architecture Based on Confident HCI for the Deployment of Sensitive Services in Smart Homes," *Sensors*, vol. 15, no. 4, p. 7294, 2015.
- [149] B. Biel, T. Grill and V. Gruhn, "Exploring the benefits of the combination of a software architecture analysis and a usability evaluation of a mobile application," *Journal of Systems and Software*, vol. 83, no. 11, pp. 2031-2044, 2010/11/01/ 2010. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2010.03.079>.
- [150] N. Dimakis *et al.*, "Facilitating human-centric service delivery using a pluggable service development framework," *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, vol. 4, no. 3-4, pp. 223-236, 2009.
- [151] A. Seffah, T. Mohamed, H. Habieb-Mammar and A. Abran, "Reconciling usability and interactive system architecture using patterns," *Journal of Systems and Software*, vol. 81, no. 11, pp. 1845-1852, 2008/11/01/ 2008. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2008.04.037>.
- [152] J. Tessadori, M. Bisio, S. Martinoia and M. Chiappalone, "Modular Neuronal Assemblies Embodied in a Closed-Loop Environment: Toward Future Integration of Brains and Machines," (in English), *Frontiers in Neural Circuits*, Original Research vol. 6, no. 99, 2012-December-12 2012. doi: 10.3389/fncir.2012.00099.
- [153] E. Folmer and J. Bosch, "Experiences with Software Architecture Analysis of Usability," *International Journal of Information Technology and Web Engineering (IJITWE)*, vol. 3, no. 4, pp. 1-29, 2008. doi: 10.4018/jitwe.2008100101.

- [154] I. Marsic and B. Dorohonceanu, "Flexible User Interfaces for Group Collaboration," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 15, no. 3, pp. 337-360, 2003/06/01 2003. doi: 10.1207/S15327590IJHC1503_02.
- [155] W. A. König, R. Rädle and H. Reiterer, "Interactive design of multimodal user interfaces," *Journal on Multimodal User Interfaces*, journal article vol. 3, no. 3, pp. 197-213, April 01 2010. doi: 10.1007/s12193-010-0044-2.
- [156] H. Olmedo, D. Escudero and V. Cardenoso, "Multimodal interaction with virtual worlds XMMVR: eXtensible language for MultiModal interaction with virtual reality worlds," *Journal on Multimodal User Interfaces*, journal article vol. 9, no. 3, pp. 153-172, September 01 2015. doi: 10.1007/s12193-015-0176-5.
- [157] B. Burger, I. Ferrané, F. Lerasle and G. Infantes, "Two-handed gesture recognition and fusion with speech to command a robot," *Autonomous Robots*, journal article vol. 32, no. 2, pp. 129-147, February 01 2012. doi: 10.1007/s10514-011-9263-y.
- [158] L. Moshkina, S. Park, R. C. Arkin, J. K. Lee and H. Jung, "TAME: Time-Varying Affective Response for Humanoid Robots," *International Journal of Social Robotics*, journal article vol. 3, no. 3, pp. 207-221, August 01 2011. doi: 10.1007/s12369-011-0090-2.
- [159] D. Malandrino, F. Mazzoni, D. Riboni, C. Bettini, M. Colajanni and V. Scarano, "MIMOSA: context-aware adaptation for ubiquitous web access," *Personal and Ubiquitous Computing*, journal article vol. 14, no. 4, pp. 301-320, May 01 2010. doi: 10.1007/s00779-009-0232-9.
- [160] V. Srinivasan, R. R. Murphy and C. L. Bethel, "A Reference Architecture for Social Head Gaze Generation in Social Robotics," *International Journal of Social Robotics*, journal article vol. 7, no. 5, pp. 601-616, November 01 2015. doi: 10.1007/s12369-015-0315-x.
- [161] M. V. D. Veloso, J. T. C. Filho and G. A. Barreto, "SOM4R: a Middleware for Robotic Applications Based on the Resource-Oriented Architecture," *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, journal article vol. 87, no. 3, pp. 487-506, September 01 2017. doi: 10.1007/s10846-017-0504-y.
- [162] A. Sutcliffe, S. Thew and P. Jarvis, "Experience with user-centred requirements engineering," *Requirements Engineering*, journal article vol. 16, no. 4, pp. 267-280, November 01 2011. doi: 10.1007/s00766-011-0118-z.
- [163] C. Jacquet, Y. Bourda and Y. Bellik, "Multimodal Presentation of Information in a Mobile Context," in *Advanced Intelligent Environments*, A. D. Kameas, V. Callagan, H. Hagaras, M. Weber and W. Minker, Eds. pp. 67-94, Boston, MA: Springer US, 2009. doi: 10.1007/978-0-387-76485-6_4.
- [164] R. Capilla, L. Carvajal and H. Lin, "Addressing Usability Requirements in Mobile Software Development," in *Relating System Quality and Software Architecture*, R. Bahsoon, P. Eeles, R. Roshandel and M. Stal, Eds. pp. 303-324, Boston: Morgan Kaufmann, 2014. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417009-4.00012-0.
- [165] M. A. Mackin, P. T. Gonia and J. A. Lombay-González, "An Information System prototype for analysis of astronaut/computer interaction during simulated EVA," in *2012 IEEE Aerospace Conference*, 2012, pp. 1-8 doi: 10.1109/AERO.2012.6187352.
- [166] L. Nigay and J. Coutaz, "A design space for multimodal systems: concurrent processing and data fusion," in *Proceedings of the INTERACT'93 and CHI'93 conference on Human factors in computing systems*, 1993, pp. 172-178: ACM
- [167] F. Paterno, C. Santoro and L. D. Spano, "MARIA: A universal, declarative, multiple abstraction-level language for service-oriented applications in ubiquitous environments," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 16, no. 4, p. 19, 2009.
- [168] R. Schroeder, "Defining virtual worlds and virtual environments," *Journal For Virtual Worlds Research*, vol. 1, no. 1, 2008.
- [169] R. Schroeder, *Possible worlds: the social dynamic of virtual reality technology*. USA: Westview Press, Inc., 1996.
- [170] S. C. Baker, R. K. Wentz and M. M. Woods, "Using virtual worlds in education: Second Life® as an educational tool," *Teaching of Psychology*, vol. 36, no. 1, pp. 59-64, 2009.
- [171] S. Warburton, "Second Life in higher education: Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching," *British Journal of Educational Technology*, vol. 40, no. 3, pp. 414-426, 2009.

- [172] N. Yee, "Motivations for play in online games," *CyberPsychology & Behavior*, vol. 9, no. 6, pp. 772-775, 2006.
- [173] E. Castronova, "Virtual worlds: A first-hand account of market and society on the cyberian frontier," presented in CESifo Germany, 2001.
- [174] C. A. Steinkuehler and D. Williams, "Where everybody knows your (screen) name: Online games as "third places"," *Journal of computer-mediated communication*, vol. 11, no. 4, pp. 885-909, 2006.
- [175] J. Cruz-Benito *et al.*, "Usalpharma: A Software Architecture to Support Learning in Virtual Worlds," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 11, no. 3, pp. 194-204, 2016. doi: 10.1109/RITA.2016.2589719.
- [176] J. Cruz-Benito *et al.*, "Monitoring and feedback of Learning Processes in Virtual Worlds through analytics architectures: A real case," in *Sistemas y Tecnologías de Información. Actas de la 9ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, vol. I Artículos, Á. Rocha, D. Fonseca, E. Redondo, L. P. Reis and M. P. Cota, Eds. pp. 1126-1131, Barcelona, España, June, 18-21, 2014: AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información), 2014.
- [177] J. Cruz-Benito, F. J. García-Peñalvo and R. Therón, "Defining generic data collectors for Learning Analytics: Facing up the heterogeneous data from heterogeneous environments," presented in International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT) 2014, Athens, Greece. , 2014. doi: 10.1109/ICALT.2014.108.
- [178] C. Maderuelo, A. Martín-Suarez, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, J. Cruz-Benito and A. Domínguez-Gil, "Facility-based inspection training in a virtual 3D laboratory," (in English), *Accreditation and Quality Assurance*, vol. 19, no. 5, pp. 403-409, 2014/10/01 2014. doi: 10.1007/s00769-014-1065-4.
- [179] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito, C. Maderuelo, J. S. Pérez-Blanco and A. Martín-Suárez, "Usalpharma: A Cloud-Based Architecture to Support Quality Assurance Training Processes in Health Area Using Virtual Worlds," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, art. 659364, p. 10, 2014. doi: 10.1155/2014/659364.
- [180] C. Beer, K. Clark and D. Jones, "Indicators of engagement," *Proceedings ascilite Sydney*, 2010.
- [181] K. Krause, "Understanding and promoting student engagement in university learning communities," *Paper presented as keynote address: Engaged, Inert or Otherwise Occupied*, 2005.
- [182] C.-M. Zhao and G. D. Kuh, "Adding value: Learning communities and student engagement," *Research in Higher Education*, vol. 45, no. 2, pp. 115-138, 2004.
- [183] S. De Freitas and T. Neumann, "The use of 'exploratory learning'for supporting immersive learning in virtual environments," *Computers & Education*, vol. 52, no. 2, pp. 343-352, 2009.
- [184] S. De Freitas, "Learning in immersive worlds," *London: Joint Information Systems Committee*, 2006.
- [185] M. Virvou, G. Katsionis and K. Manos, "Combining Software Games with Education: Evaluation of its Educational Effectiveness," *Journal of Educational Technology & Society*, vol. 8, no. 2, 2005.
- [186] R. Wojciechowski and W. Cellary, "Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments," *Computers & Education*, 2013.
- [187] D. Williams, "The mapping principle, and a research framework for virtual worlds," *Communication Theory*, vol. 20, no. 4, pp. 451-470, 2010.
- [188] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito and R. Therón Sánchez, "Visualización y Análisis de Datos en Mundos Virtuales Educativos: Comprendiendo la interacción de los usuarios en los entornos 3D," *ReVisión*, vol. 7, no. 2, pp. 46-59, 2014.
- [189] G. Siemens and P. Long, "Penetrating the fog: Analytics in learning and education," *Educause Review*, vol. 46, no. 5, pp. 30-32, 2011.
- [190] G. Siemens, "Learning analytics: envisioning a research discipline and a domain of practice," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, 2012, pp. 4-8: ACM
- [191] G. Salmon, "The future for (second) life and learning," *British Journal of Educational Technology*, vol. 40, no. 3, pp. 526-538, 2009.

- [192] T. Atkinson, "Inside Linden Lab: Second Life [TM] for Educators," (in English), *TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning*, vol. 52, no. 3, pp. 16-18, 2008/06/01 2008. doi: 10.1007/s11528-008-0147-8.
- [193] L. Jarmon, K. Lim and B. Carpenter, "Introduction: Pedagogy, education and innovation in virtual worlds," *Journal of Virtual Worlds Research*, vol. 2, no. 1, pp. 3-4, 2009.
- [194] L. Beard, D. Morra, K. Wilson and J. Keelan, "A survey of health-related activities on second life," *Journal of Medical Internet Research*, vol. 11, no. 2, 2009.
- [195] M. N. K. Boulos, L. Hetherington and S. Wheeler, "Second Life: an overview of the potential of 3-D virtual worlds in medical and health education," *Health Information & Libraries Journal*, vol. 24, no. 4, pp. 233-245, 2007.
- [196] M. N. K. Boulos, R. Ramloll, R. Jones and S. Toth-Cohen, "Web 3D for Public, Environmental and Occupational Health: Early Examples from Second Life®," *International journal of environmental research and public health*, vol. 5, no. 4, pp. 290-317, 2008.
- [197] L. I. Kidd, S. J. Knisley and K. I. Morgan, "Effectiveness of a second life (®) simulation as a teaching strategy for undergraduate mental health nursing students," *Journal of psychosocial nursing and mental health services*, vol. 50, no. 7, pp. 28-37, 2012.
- [198] A. Lee and Z. L. Berge, "Second Life in Healthcare Education: Virtual Environment's Potential to Improve Patient Safety," *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal (KM&EL)*, vol. 3, no. 1, pp. 17-23, 2011.
- [199] A. Richardson, M. Hazzard, S. D. Challman, A. M. Morgenstein and J. K. Brueckner, "A "Second Life" for gross anatomy: Applications for multiuser virtual environments in teaching the anatomical sciences," *Anatomical sciences education*, vol. 4, no. 1, pp. 39-43, 2011.
- [200] J. Schwaab *et al.*, "Using second life virtual simulation environment for mock oral emergency medicine examination," *Academic Emergency Medicine*, vol. 18, no. 5, pp. 559-562, 2011.
- [201] J. Wiecha, R. Heyden, E. Sternthal and M. Merialdi, "Learning in a virtual world: experience with using second life for medical education," *Journal of medical Internet research*, vol. 12, no. 1, 2010.
- [202] A. Martin-Suarez *et al.*, "Scientific Knowledge Transfer Training Through a Virtual World," *Journal of Information Technology Research (JITR)*, vol. 7, no. 2, pp. 24-35, 2014. doi: 10.4018/jitr.2014040103.
- [203] J. Cruz-Benito *et al.*, "Using software architectures to retrieve interaction information in eLearning environments," in *Computers in Education (SIIE), 2014 International Symposium on* pp. 117-120, 2014. doi: 10.1109/SIIE.2014.7017715.
- [204] A. M. Suárez *et al.*, "Virtual congresses for pharmaceutical learning," presented in Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality, Salamanca, Spain, 2013. doi: 10.1145/2536536.2536549.
- [205] C. Maderuelo, J. S. Pérez-Blanco, H. Zazo, J. M. Armenteros del Olmo, J. Cruz Benito and A. Martín-Suárez, "Auditing Training Practice To Postgraduate Pharmacy Students In A Virtual World," presented in 19th Annual Conference of the European Association of Faculties of Pharmacy (EAFP 2013), Ankara, Turkey, 2013.
- [206] C. Maderuelo *et al.*, "Satisfacción de estudiantes de Postgrado con una práctica en Second Life," presented in Congreso Virtual Mundial de e-Learning 2012, 2012. Available from: <http://www.slideshare.net/claudioclarenc/satisfaccin-de-estudiantes-de-postgrado-con-una-prctica-en-second-life>.
- [207] E. P. Lucas, J. Cruz-Benito and O. G. Gonzalo, "USALSIM: learning, professional practices and employability in a 3D virtual world," *International Journal of Technology Enhanced Learning*, vol. 5, no. 3, pp. 307-321, 2013.
- [208] OpenSimulator. (2014, 1/02/2014). *OpenSim Web Page*. Available from: <http://opensimulator.org>.
- [209] K. Borner and S. Penumathy, "Social diffusion patterns in three-dimensional virtual worlds," *Information Visualization*, vol. 2, no. 3, pp. 182-198, 2003.
- [210] P. R. Messinger *et al.*, "Virtual worlds — past, present, and future: New directions in social computing," *Decision Support Systems*, vol. 47, no. 3, pp. 204-228, 6// 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2009.02.014>.
- [211] M. Fetscherin and C. Lattemann, "User acceptance of virtual worlds," *Journal of Electronic Commerce Research*, vol. 9, no. 3, pp. 231-242, 2008.

- [212] B. Dalgarno and M. J. W. Lee, "What are the learning affordances of 3-D virtual environments?," *British Journal of Educational Technology*, vol. 41, no. 1, pp. 10-32, 2010.
- [213] K. Borner and Y. C. Lin, "Visualizing chat log data collected in 3-D virtual worlds," in *Information Visualisation, 2001. Proceedings. Fifth International Conference on*, 2001, pp. 141-146: IEEE
- [214] M. Schmidt and J. Laffey, "Visualizing Behavioral Data from a 3D Virtual Learning Environment: A Preliminary Study," in *System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on*, 2012, pp. 3387-3394: IEEE
- [215] J. Cruz-Benito, R. Therón, F. J. García-Peñalvo and E. Pizarro Lucas, "Analyzing users' movements in virtual worlds: discovering engagement and use patterns," presented in Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality, Salamanca, Spain, 2013. doi: 10.1145/2536536.2536622.
- [216] M. E. Bulger, R. E. Mayer, K. C. Almeroth and S. D. Blau, "Measuring learner engagement in computer-equipped college classrooms," *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, vol. 17, no. 2, pp. 129-143, 2008.
- [217] K. Krause and H. Coates, "Students' engagement in first-year university," *Assessment & Evaluation in Higher Education*, vol. 33, no. 5, pp. 493-505, 2008.
- [218] I. Stovall, "Engagement and Online Learning," *UIS Community of Practice for E-Learning*, 2003.
- [219] F. D. Davis, "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology," *MIS quarterly*, pp. 319-340, 1989.
- [220] J. Shen and L. B. Eder, "Intentions to Use Virtual Worlds for Education," *Journal of Information Systems Education*, vol. 20, no. 2, 2009.
- [221] M. Virvou and G. Katsionis, "On the usability and likeability of virtual reality games for education: The case of VR-ENGAGE," *Computers & Education*, vol. 50, no. 1, pp. 154-178, 2008.
- [222] D. A. Gómez Aguilar, R. Therón and F. J. García-Peñalvo, "Semantic Spiral Timelines Used as Support for e-Learning," *J. ucs*, vol. 15, no. 7, pp. 1526-1545, 2009.
- [223] J. Shen and L. B. Eder, "Intentions to use virtual worlds for education," *Journal of Information Systems Education*, vol. 20, no. 2, p. 225, 2009.
- [224] M. Varvello, S. Ferrari, E. Biersack and C. Diot, "Exploring second life," *IEEE/ACM Transactions on Networking (TON)*, vol. 19, no. 1, pp. 80-91, 2011.
- [225] Q. Wang, "Design and evaluation of a collaborative learning environment," *Computers & Education*, vol. 53, no. 4, pp. 1138-1146, 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.023>.
- [226] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito, C. Maderuelo, J. S. Pérez-Blanco and A. Martín-Suárez, "Usalpharma: A Cloud-Based Architecture to Support Quality Assurance Training Processes in Health Area Using Virtual Worlds," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, 2014.
- [227] Linden Lab. (2015, 28/07/2015). *APIs and Web Services Portal*. Available from: http://wiki.secondlife.com/wiki/APIs_and_Web_Services_Portal.
- [228] Linden Lab. (2015, 15/03/2015). *Second Life. Terms of Service*. Available from: <http://www.lindenlab.com/tos>.
- [229] Á. del Blanco Aguado, J. Torrente, I. Martínez-Ortiz and B. Fernández-Manjón, "Análisis del Uso del Estándar SCORM para la Integración de Juegos Educativos," *Revista Iberoamericana de Tecnologías del/da Aprendizaje/Aprendizagem*, vol. 6, no. 3, pp. 118-127, 2011.
- [230] A. del Blanco, A. Serrano, M. Freire, I. Martínez-Ortiz and B. Fernández-Manjón, "E-Learning standards and learning analytics. Can data collection be improved by using standard data models?," in *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2013 IEEE*, 2013, pp. 1255-1261: IEEE
- [231] Django Software Foundation. (2015, 15/03/2015). *Django Web Framework*. Available from: <https://www.djangoproject.com/>.
- [232] R. Fielding *et al.*, "Hypertext transfer protocol--HTTP/1.1," World Wide Web Consortium (W3C) 2070-1721, 1999.
- [233] MongoDB. (2015, 15/03/2015). *Website*. Available from: <https://www.mongodb.org/>.

- [234] J. Cruz-Benito *et al.*, "Using software architectures to retrieve interaction information in eLearning environments," in *Computers in Education (SIIE), 2014 International Symposium on*, 2014, pp. 117-120. doi: 10.1109/SIIE.2014.7017715.
- [235] World Wide Web Consortium (W3C). (2012, 15/03/2015). *RDF Interfaces. A set of basic primitives and a low-level API for working with RDF data*. Available from: <http://www.w3.org/TR/2012/NOTE-rdf-interfaces-20120705/>.
- [236] World Wide Web Consortium (W3C). (2014, 15/03/2015). *HTTP - Hypertext Transfer Protocol*. Available from: <http://www.w3.org/Protocols/>.
- [237] MongoDB, "Top 5 Considerations When Evaluating NoSQL Databases," Whitepaper, 2013 2013.
- [238] R. Agrawal, T. Imieliński and A. Swami, "Mining association rules between sets of items in large databases," in *ACM SIGMOD Record*, 1993, vol. 22, pp. 207-216: ACM
- [239] R. Srikant, Q. Vu and R. Agrawal, "Mining Association Rules with Item Constraints," in *KDD*, 1997, vol. 97, pp. 67-73
- [240] H. Mannila and H. Toivonen, "Discovering Generalized Episodes Using Minimal Occurrences," in *KDD*, 1996, vol. 96, pp. 146-151
- [241] H. Mannila and H. Toivonen, "Levelwise search and borders of theories in knowledge discovery," *Data mining and knowledge discovery*, vol. 1, no. 3, pp. 241-258, 1997.
- [242] F. J. García-Peñalvo, A. Fidalgo-Blanco and M. L. Sein-Echaluce, "Los MOOC: Un análisis desde una perspectiva de la innovación institucional universitaria," *La Cuestión Universitaria*, no. 9, pp. 117-135, 2017.
- [243] S. Wilson, O. Liber, M. Johnson, P. Beauvoir, P. Sharples and C. Milligan, "Personal Learning Environments: Challenging the dominant design of educational systems," *Journal of E-learning and Knowledge Society*, vol. 3, no. 2, pp. 27-38, 2007.
- [244] F. J. García-Peñalvo and A. M. Seoane Pardo, "Una revisión actualizada del concepto de eLearning. Décimo Aniversario," *Education in the Knowledge Society (EKS)*, vol. 16, no. 1, pp. 119-144, 2015. doi: 10.14201/eks2015161119144
- [245] B. Gros and F. J. García-Peñalvo, "Future Trends in the Design Strategies and Technological Affordances of E-Learning," in *Learning, Design, and Technology: An International Compendium of Theory, Research, Practice, and Policy*, M. J. Spector, B. B. Lockee and M. D. Childress, Eds. pp. 1-23, Switzerland: Springer International Publishing, 2016. doi: 10.1007/978-3-319-17727-4_67-1.
- [246] L. Stoicu-Tivadar, V. Stoicu-Tivadar, D. Berian, S. Drăgan, A. Serban and C. Serban, "eduCRATE-A Virtual Hospital Architecture," *Studies in health technology and informatics*, vol. 205, pp. 803-807, 2013.
- [247] Á. Serrano-Laguna, J. Torrente, P. Moreno-Ger and B. Fernández-Manjón, "Application of learning analytics in educational videogames," *Entertainment Computing*, vol. 5, no. 4, pp. 313-322, 2014.
- [248] Á. Serrano-Laguna *et al.*, "Learning Analytics and Educational Games: Lessons Learned from Practical Experience," in *Games and Learning Alliance* pp. 16-28, Switzerland: Springer, 2014.
- [249] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco and R. Therón, "Detection of Non-Formal and Informal Learning in learning communities supported by social networks in the context of a Cooperative MOOC," in *Proceedings of the XVII International Symposium on Computers in Education (SIIE'15) (Setúbal, Portugal. 25-27 November 2015)*, M. d. R. r. Rodrigues, M. n. Llamas Nistal and M. Figueiredo, Eds., Portugal: IEEE, 2015.
- [250] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené and Á. Fidalgo Blanco, "Evolution of the Conversation and Knowledge Acquisition in Social Networks Related to a MOOC Course," in *Learning and Collaboration Technologies*, vol. 9192, P. Zaphiris and A. Ioannou, Eds. Lecture Notes in Computer Science, pp. 470-481, Switzerland: Springer International Publishing, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-20609-7_44.
- [251] J. Cruz-Benito *et al.*, "Usalpharma: Una arquitectura software al servicio del aprendizaje en Mundos Virtuales," *VAEP RITA*, vol. 3, no. 3, pp. 148-159, 2015.
- [252] D. Livingstone and J. Kemp, "Integrating web-based and 3D learning environments: Second Life meets Moodle," *Next Generation Technology-Enhanced Learning*, vol. 8, 2008.

- [253] J. W. Kemp, D. Livingstone and P. R. Bloomfield, "SLOODLE: Connecting VLE tools with emergent teaching practice in Second Life," *British Journal of Educational Technology*, vol. 40, no. 3, pp. 551-555, 2009. doi: 10.1111/j.1467-8535.2009.00938.x.
- [254] A. Konstantinidis, T. Tsiatsos, S. Demetriadis and A. Pomportsis, "Collaborative learning in OpenSim by utilizing sloodle," in *Telecommunications (AICT), 2010 Sixth Advanced International Conference on*, 2010, pp. 90-95: IEEE
- [255] P. Kallonis and D. G. Sampson, "A 3D Virtual Classroom Simulation for Supporting School Teachers Training Based on Synectics-" Making the Strange Familiar", in *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2011 11th IEEE International Conference on*, 2011, pp. 4-6: IEEE
- [256] J. Cruz-Benito, R. Therón, F. J. García-Peñalvo and E. Pizarro Lucas, "Discovering usage behaviors and engagement in an Educational Virtual World," *Computers in Human Behavior*, vol. 47, no. 0, pp. 18-25, 6// 2015. doi: 10.1016/j.chb.2014.11.028.
- [257] L. Griebel *et al.*, "A scoping review of cloud computing in healthcare," *BMC medical informatics and decision making*, vol. 15, no. 1, p. 17, 2015.
- [258] B. A. Collis, *Tele-learning in a digital world: The future of distance learning*. London, UK.: International Thomson Computer Press, 1996.
- [259] F. J. García-Peñalvo, *Advances in E-Learning: Experiences and Methodologies*. Hershey, PA, USA: Information Science Reference (formerly Idea Group Reference), 2008.
- [260] F. J. García-Peñalvo, "Docencia," in *Libro Blanco de la Universidad Digital 2010* J. Laviña Orueta and L. Mengual Pavón, Eds. pp. 29-61, Barcelona, España: Ariel, 2008.
- [261] M. J. Rosenberg, *E-learning: Strategies for Delivering Knowledge in the Digital*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2001.
- [262] F. Llorens, "Campus virtuales: de gestores de contenidos a gestores de metodologías," *RED. Revista de Educación a Distancia*, no. 42, pp. 1-12, 2014.
- [263] J.-M. Doderó *et al.*, "Development of E-Learning Solutions: Different Approaches, a Common Mission," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje (IEEE RITA)*, vol. 9, no. 2, pp. 72-80, 2014. doi: 10.1109/RITA.2014.2317532.
- [264] F. Llorens, R. Molina, P. Compañ and R. Satorre, "Technological Ecosystem for Open Education," in *Smart Digital Futures 2014. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, vol. 262, R. Neves-Silva, G. A. Tsihrintzis, V. Uskov, R. J. Howlett and L. C. Jain, Eds. pp. 706-715: IOS Press, 2014.
- [265] A. J. Berlanga and F. J. García-Peñalvo, "Learning Design in Adaptive Educational Hypermedia Systems," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 14, no. 22, pp. 3627-3647, 2008. doi: 10.3217/jucs-014-22-3627.
- [266] P. Brusilovsky, "Adaptive Hypermedia," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, no. 1-2, pp. 87-110, 2001.
- [267] A. J. Berlanga and F. J. García-Peñalvo, "Learning Technology Specifications: Semantic Objects for Adaptive Learning Environments," *International Journal of Learning Technology*, vol. 1, no. 4, pp. 458-472, 2005. doi: 10.1504/IJLT.2005.007155.
- [268] K. M. Kapp, *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco, CA, USA: Wiley, 2012.
- [269] C. González-González and F. Blanco-Izquierdo, "Designing social videogames for educational uses," *Computers & Education*, vol. 58, no. 1, pp. 250-262, 2012. doi: 10.1016/j.compedu.2011.08.014.
- [270] G. Surendele, U. Tudevtagva and Y. S. Kim, "The Contribution of Gamification on User Engagement in Fully Online Course," in *Creativity in Intelligent, Technologies and Data Science: First Conference, CIT&DS 2015, Volgograd, Russia, September 15-17, 2015, Proceedings*, A. Kravets, M. Shcherbakov, M. Kultsova and O. Shabalina, Eds. pp. 710-719, Cham: Springer International Publishing, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-23766-4_56.
- [271] Á. Fidalgo-Blanco, M. L. Sein-Echaluce, F. J. García-Peñalvo and M. Á. Conde, "Using Learning Analytics to improve teamwork assessment," *Computers in Human Behavior*, vol. 47, pp. 149-156, 2015. doi: 10.1016/j.chb.2014.11.050.
- [272] M. Á. Conde and Á. Hernández-García, "Learning analytics for educational decision making," *Computers in Human Behavior*, vol. 47, no. 0, pp. 1-3, 6// 2015. doi: 10.1016/j.chb.2014.12.034.
- [273] F. G. Martin, "Will massive open online courses change how we teach?," *Communications of the ACM*, vol. 55, no. 8, pp. 26-28, 2012. doi: 10.1145/2240236.2240246.

- [274] F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco and M. L. Sein-Echaluce Lacleta. (2014, 6/1/2014). *Tendencias en los MOOCs*. Available from: <http://gredos.usal.es/jspui/handle/10366/125093>.
- [275] J. I. Aguaded Gómez, "La revolución MOOCs, ¿una nueva educación desde el paradigma tecnológico?," *Comunicar*, no. 41, pp. 7-8, 2013. doi: 10.3916/C41-2013-a1.
- [276] C. Castaño Garrido, I. Maiz Olazabalaga and U. Garay Ruiz, "Diseño, motivación y rendimiento en un curso MOOC cooperativo," *Comunicar*, vol. 44, pp. 19-26, 2015. doi: 10.3916/C44-2015-02.
- [277] A. Chiappe-Laverde, N. A. Hine and J. A. M. Silva, "Literatura y práctica: una revisión crítica acerca de los MOOC," *Comunicar*, no. 44, pp. 9-18, 2015. doi: 10.3916/C44-2015-01.
- [278] V. J. Marsick and K. E. Watkins, "Informal and Incidental Learning," *New Directions for Adult and Continuing Education*, vol. 2001, no. 89, pp. 25-34, 2001. doi: 10.1002/ace.5.
- [279] F. J. García-Peñalvo, R. Colomo-Palacios and M. D. Lytras, "Informal learning in work environments: training with the Social Web in the workplace," *Behaviour & Information Technology*, vol. 31, no. 8, pp. 753-755, 2012. doi: 10.1080/0144929X.2012.661548.
- [280] H. Eshach, "Bridging in-school and out-of-school learning: Formal, non-formal, and informal education," *Journal of science education and technology*, vol. 16, no. 2, pp. 171-190, 2007.
- [281] Á. Fidalgo Blanco, M. L. Sein-Echaluce Lacleta and F. J. García-Peñalvo, "Methodological Approach and technological Framework to break the current limitations of MOOC model," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 21, no. 5, pp. 712-734, 2015.
- [282] L. Lane. (2012, 10/1/2015). *Three Kinds of MOOCs*. . Available from: <http://lisahistory.net/wordpress/2012/08/three-kinds-of-moocs/>.
- [283] D. Clark. (2013, 10/1/2015). *MOOCs: taxonomy of 8 types of MOOC*. . Available from: <http://donaldclarkplanb.blogspot.com.es/2013/04/moocs-taxonomy-of-8-types-of-mooc.html>.
- [284] G. Conole, "Los MOOCs como tecnologías disruptivas: estrategias para mejorar la experiencia de aprendizaje y la calidad de los MOOCs," *Campus Virtuales. Revista Científica Iberoamericana de Tecnología Educativa*, vol. 2, no. 2, pp. 16-28, 2013.
- [285] F. J. García-Peñalvo, D. Griffiths, M. Johnson, P. Sharples and D. Sherlock, "Problems and opportunities in the use of technology to manage informal learning," in *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, F. J. García-Peñalvo, Ed. pp. 573-580, New York, USA: ACM, 2014. doi: 10.1145/2669711.2669958.
- [286] N. A. Christakis and J. H. Fowler, *Connected: The surprising power of our social networks and how they shape our lives*. New York, USA: Little, Brown and Company, 2009.
- [287] C. Alario-Hoyos, M. Pérez-Sanagustín, C. Delgado-Kloos, H. Parada G, M. Muñoz-Organero and A. Rodríguez-de-las-Heras, "Analysing the Impact of Built-In and External Social Tools in a MOOC on Educational Technologies," in *Scaling up Learning for Sustained Impact*, vol. 8095, D. Hernández-Leo, T. Ley, R. Klammer and A. Harrer, Eds. Lecture Notes in Computer Science, pp. 5-18: Springer Berlin Heidelberg, 2013. doi: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-40814-4_2.
- [288] J. Sanchez, C. González, S. Alayón and P. Gonzalez, "Using social networks at university: The case of school of computer science," in *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2013 IEEE* pp. 492-496, USA: IEEE, 2013. doi: 10.1109/EduCon.2013.6530151.
- [289] J. Mackness, S. Mak and R. Williams, "The ideals and reality of participating in a MOOC," in *7th International Conference on Networked Learning* pp. 266-275, 2010.
- [290] A. McAuley, B. Stewart, G. Siemens and D. Cormier. (2010). *The MOOC model for digital practice*. Available from: http://www.elearnspace.org/Articles/MOOC_Final.pdf.
- [291] K. Silius, T. Mäilumäki, J. Huhtamäki, T. Tebest, J. Meriläinen and S. Pohjolainen, "Students' motivations for social media enhanced studying and learning," *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal (KM&EL)*, vol. 2, no. 1, pp. 51-67, 2010.
- [292] G. Siemens, "Connectivism: A learning theory for the digital age," *International journal of instructional technology and distance learning*, vol. 2, no. 1, pp. 3-10, 2005.
- [293] M. Zapata-Ros, "Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos conectados y ubicuos. Bases para un nuevo modelo teórico a partir de una visión crítica del "conectivismo"," *Education in the Knowledge Society (EKS)*, vol. 16, no. 1, pp. 69-102, 2015. doi: 10.14201/eks201516169102.

- [294] C. Evans, "Twitter for teaching: Can social media be used to enhance the process of learning?," *British Journal of Educational Technology*, vol. 45, no. 5, pp. 902-915, 2014. doi: 10.1111/bjet.12099.
- [295] E. M. M. Gallardo Echenique, Luis and M. Bullen, "Students in higher education: Social and academic uses of digital technology," *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, vol. 12, no. 1, pp. 25-37, 2015. doi: 10.7238/rusc.v12i1.2078.
- [296] E. C. Wenger and W. M. Snyder, "Communities of practice: The organizational frontier," *Harvard business review*, vol. 78, no. 1, pp. 139-146, 2000.
- [297] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gene, F. García-Penalvo, A. Blanco and R. Theron, "Learning communities in social networks and their relationship with the MOOCs," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. PP, no. 99, pp. 1-1, 2017. doi: 10.1109/RITA.2017.2655218.
- [298] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené and Á. Fidalgo Blanco, "Evolution of the Conversation and Knowledge Acquisition in Social Networks related to a MOOC Course," presented in HCI International, Los Angeles, CA, USA, In press, 2015.
- [299] Universidad Politécnica de Madrid, Universidad de Zaragoza and Universidad de Salamanca. (2015). *iMOOC*. Available from: <http://gridlab.upm.es/imooc/>.
- [300] M. L. Sein-Echaluce Lacleta, Á. Fidalgo-Blanco, F. J. García-Peñalvo and M. Á. Conde-González, "iMOOC Platform: Adaptive MOOCs," presented in Learning and Collaboration Technologies. Third International Conference, LCT 2016, Held as Part of HCI International 2016, Toronto, ON, Canada, July 17-22, 2016, 2016. Proceedings. doi: 10.1007/978-3-319-39483-1_35.
- [301] Á. Fidalgo Blanco, F. J. García-Peñalvo and M. L. Sein-Echaluce Lacleta, "A methodology proposal for developing adaptive cMOOC," in *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality*, F. J. García-Peñalvo, Ed. pp. 553-558, New York, USA: ACM, 2013.
- [302] N. Sonwalkar, "The first adaptive MOOC: A case study on pedagogy framework and scalable cloud Architecture—Part I," *MOOCs Forum*, vol. 1, no. P, pp. 22-29, 2013. doi: 10.1089/mooc.2013.0007.
- [303] J. Daniel, E. V. Cano and M. Gisbert, "The Future of MOOCs: Adaptive Learning or Business Model?," *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, vol. 12, no. 1, pp. 64-73, 2015. doi: 10.7238/rusc.v12i1.2475.
- [304] Á. Fidalgo Blanco, M. L. Sein-Echaluce Lacleta and F. J. García-Peñalvo, "MOOC cooperativo. Una integración entre cMOOC y xMOOC. Cooperative MOOC. An integration between cMOOC and xMOOC," in *II Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad, CINAIC 2013*, Á. F. Blanco and M. L. S.-E. Lacleta, Eds. no. Generic, pp. 481-486, Madrid: Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid, 2013.
- [305] Á. Fidalgo Blanco, M. L. Sein-Echaluce Lacleta, O. Borrás Gené and F. J. García Peñalvo, "Educación en abierto: Integración de un MOOC con una asignatura académica," *Education in the Knowledge Society (EKS)*, Recursos educativos abiertos; Aprendizaje en línea; Aprendizaje Social; Curso en línea abierto masivo vol. 15, no. 3, pp. 233-255, 2014.
- [306] J. Mackness, M. Waite, G. Roberts and E. Lovegrove, "Learning in a small, task-oriented, connectivist MOOC: Pedagogical issues and implications for higher education," *2013, MOOCs, Open Academic Practice, Higher Education* vol. 14, no. 4, 2013-09-30 2013.
- [307] F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo-Blanco and M. L. Sein-Echaluce, "An adaptive hybrid MOOC model: Disrupting the MOOC concept in higher education," *Telematics and Informatics*, vol. 35, no. 4, pp. 1018-1030, 2018. doi: 10.1016/j.tele.2017.09.012.
- [308] O. Borrás Gené, M. Martínez Núñez and Á. Fidalgo Blanco, "Gamification in MOOC: challenges, opportunities and proposals for advancing MOOC model," in *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, F. J. García-Peñalvo, Ed. pp. 215-220, New York, USA: ACM, 2014. doi: 10.1145/2669711.2669902.
- [309] Á. Fidalgo-Blanco, M. L. Sein-Echaluce, F. J. García-Peñalvo and J. Esteban Escaño, "Improving the MOOC learning outcomes throughout informal learning activities," in *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for*

- Enhancing Multiculturalism*, F. J. García-Peñalvo, Ed. pp. 611-617, New York, USA: ACM, 2014. doi: 10.1145/2669711.2669963.
- [310] J. Huang, K. M. Thornton and E. N. Efthimiadis, "Conversational tagging in twitter," in *Proceedings of the 21st ACM conference on Hypertext and hypermedia*, 2010, pp. 173-178: ACM
 - [311] M. Efron, "Hashtag retrieval in a microblogging environment," in *Proceedings of the 33rd international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, 2010, pp. 787-788: ACM
 - [312] R. T. Fielding, "Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures," Irvine, University of California, 2000.
 - [313] Moodle. (2014). *Web service API functions*. Available from: https://docs.moodle.org/dev/Web_service_API_functions.
 - [314] Requests. (2015). *Requests: HTTP for Humans*. Available from: docs.python-requests.org/.
 - [315] Twitter Inc. (2015). *REST APIs*. Available from: <https://dev.twitter.com/rest/public>.
 - [316] Tweepy Project. (2015). *Tweepy on Github*. Available from: <https://github.com/tweepy>.
 - [317] Google. (2015). *Google+ Platform APIs*. Available from: <https://developers.google.com/+api/>.
 - [318] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco and R. Therón, "Comunidades de Aprendizaje en Redes Sociales y su Relación con los MOOC," *VAEP RITA*, vol. 4, no. 2, pp. 87-99, 2016.
 - [319] F. García, J. Portillo, J. Romo and M. Benito, "Nativos digitales y modelos de aprendizaje," in *SPDECE*, 2007
 - [320] D. A. Dillman, *Mail and internet surveys: The tailored design method*. New York, NY, USA: Wiley New York, 2000.
 - [321] J. Cruz-Benito, J. C. Sánchez-Prieto, A. Vázquez-Ingelmo, R. Therón, F. J. García-Peñalvo and M. Martín-González, "How different versions of layout and complexity of web forms affect users after they start it? A pilot experience," in *World Conference on Information Systems and Technologies*, 2018, pp. 971-979: Springer
 - [322] J. Cruz-Benito *et al.*, "Improving Success/Completion Ratio in Large Surveys: A Proposal Based on Usability and Engagement," in *Learning and Collaboration Technologies. Technology in Education: 4th International Conference, LCT 2017, Held as Part of HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada, July 9-14, 2017, Proceedings, Part II*, P. Zaphiris and A. Ioannou, Eds. pp. 352-370, Cham: Springer International Publishing, 2017. doi: 10.1007/978-3-319-58515-4_28.
 - [323] J. Cruz-Benito, R. Therón, F. J. García-Peñalvo and M. Martín-González, "Herramienta para la validación de elementos de mejora UX/Engagement para los cuestionarios de recogida de información de egresados en el contexto del Observatorio de Empleabilidad y Empleo Universitarios (OEEU)," GRIAL Research Group. University of Salamanca, Salamanca, Spain, 2017. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.322575>.
 - [324] R. Colomo-Palacios, F. J. García-Peñalvo, V. Stantchev and S. Misra, "Towards a social and context-aware mobile recommendation system for tourism," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 38, pp. 505-515, 2017. doi: 10.1016/j.pmcj.2016.03.001.
 - [325] D. A. Norman, *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. New York, NY, USA: Basic Books, 2013.
 - [326] J. Bargas-Avila and O. Brenzikofer, "Simple but crucial user interfaces in the world wide web: introducing 20 guidelines for usable web form design," in *User Interfaces*, R. Mátrai, Ed. pp. 1-10, Rijeka, Croatia: Intech, 2011.
 - [327] S. P. Anderson, *Seductive Interaction Design: Creating Playful, Fun, and Effective User Experiences, Portable Document*. Berkeley, CA, USA: Pearson Education, 2011.
 - [328] G. Pruvost, T. Heinroth, Y. Bellik and W. Minker, "User interaction adaptation within ambient environments," in *Next Generation Intelligent Environments. Ambient Adaptive Systems*, S. Ultes, F. Nothdurft, T. Heinroth and W. Minker, Eds. 2nd ed. pp. 221-263, Cham: Springer, 2016. doi: 10.1007/978-3-319-23452-6_6.
 - [329] C. Flavián, R. Gurrea and C. Orús, "The effect of product presentation mode on the perceived content and content quality of web sites," *Online Information Review*, vol. 33, no. 6, pp. 1103-1128, 2009.

- [330] F. Michavila, J. M. Martínez, M. Martín-González, F. J. García-Peñalvo and J. Cruz-Benito, *Barómetro de Empleabilidad y Empleo de los Universitarios en España, 2015 (Primer informe de resultados)*. Madrid, España: Observatorio de Empleabilidad y Empleo Universitarios, 2016.
- [331] F. Michavila, J. M. Martínez, M. Martín-González, F. J. García-Peñalvo and J. Cruz-Benito, "Empleabilidad de los titulados universitarios en España. Proyecto OEEU," 2018, vol. 19, no. 1, pp. 21-39, 2018. doi: 10.14201/eks20181912139.
- [332] F. Michavila, J. Martínez, M. Martín-González, F. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito and A. Vázquez-Ingelmo, *Barómetro de empleabilidad y empleo universitarios. Edición Máster 2017*. Madrid, España: Observatorio de Empleabilidad y Empleo Universitarios, 2018. Available from: <https://goo.gl/qK3kqo>.
- [333] F. Michavila, M. Martín-González, J. M. Martínez, F. J. García-Peñalvo and J. Cruz-Benito, "Analyzing the employability and employment factors of graduate students in Spain: The OEEU Information System," presented in Third International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'15), Porto, Portugal, October 7-9, 2015, 2015. doi: 10.1145/2808580.2808622.
- [334] *Draft BS ENISO 9241-220 Ergonomics of human-computer interaction. Part 220: Processes for enabling, executing and assessing human-centred design within organizations*, 2016.
- [335] *Ergonomics of human-system interaction — Part 125: Guidance on visual presentation of Information*, 2013.
- [336] N. Bevan, J. Carter and S. Harker, "ISO 9241-11 revised: What have we learnt about usability since 1998?," in *International Conference on Human-Computer Interaction*, 2015, pp. 143-151: Springer
- [337] N. Bevan and L. Spinhof, "Are guidelines and standards for web usability comprehensive?," in *International Conference on Human-Computer Interaction*, 2007, pp. 407-419: Springer
- [338] S. Stieger and U.-D. Reips, "What are participants doing while filling in an online questionnaire: A paradata collection tool and an empirical study," *Computers in Human Behavior*, vol. 26, no. 6, pp. 1488-1495, 2010.
- [339] Y. Xu, N. Chen, A. Fernandez, O. Sinno and A. Bhasin, "From Infrastructure to Culture: A/B Testing Challenges in Large Scale Social Networks," presented in Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Sydney, NSW, Australia, 2015. doi: 10.1145/2783258.2788602.
- [340] E. Dixon, E. Enos and S. Brodmerkle, "A/b testing of a webpage," 2011.
- [341] D. Siroker and P. Koomen, *A/B testing: The most powerful way to turn clicks into customers*. Hoboken, New Jersey. USA: John Wiley & Sons, 2013.
- [342] W. McKinney, *Python for data analysis: Data wrangling with Pandas, NumPy, and IPython*. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, Inc., 2012.
- [343] W. McKinney. (2017). *Pandas, Python Data Analysis Library. 2017*. Available from: <http://pandas.pydata.org/>.
- [344] W. McKinney, "Data structures for statistical computing in python," in *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*, 2010, vol. 445, pp. 51-56: SciPy Austin, TX
- [345] F. Pedregosa *et al.*, "Scikit-learn: Machine learning in Python," *Journal of Machine Learning Research*, vol. 12, no. Oct, pp. 2825-2830, 2011.
- [346] S. Raschka, *Python machine learning*. Birmingham, UK: Packt Publishing Ltd, 2015.
- [347] T. Kluyver *et al.*, "Jupyter Notebooks-a publishing format for reproducible computational workflows," in *ELPUB*, 2016, pp. 87-90
- [348] M. Ragan-Kelley *et al.*, "The Jupyter/IPython architecture: a unified view of computational research, from interactive exploration to communication and publication," in *AGU Fall Meeting Abstracts*, 2014
- [349] F. Perez and B. E. Granger, "Project Jupyter: Computational narratives as the engine of collaborative data science," Technical report, Project Jupyter 2015.
- [350] J. Cruz-Benito, A. Vázquez-Ingelmo and J. C. Sánchez-Prieto, "Code repository that supports the research presented in the paper "Enabling adaptability in web forms based on user characteristics detection through A/B testing and Machine Learning"," Github, 2017. Available from: <https://goo.gl/Zy5WZp>. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1009618>.
- [351] L. Breiman, "Random Forests," *Machine Learning*, journal article vol. 45, no. 1, pp. 5-32, October 01 2001. doi: 10.1023/a:1010933404324.

- [352] S. C. Johnson, "Hierarchical clustering schemes," *Psychometrika*, journal article vol. 32, no. 3, pp. 241-254, September 01 1967. doi: 10.1007/bf02289588.
- [353] A. Zollanvari, R. C. Kizilirmak, Y. H. Kho and D. Hernández-Torrano, "Predicting Students' GPA and Developing Intervention Strategies Based on Self-Regulatory Learning Behaviors," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 23792-23802, 2017. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2740980.
- [354] F. J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito, M. Martín-González, A. Vázquez-Ingelmo, J. C. Sánchez-Prieto and R. Therón, "Proposing a Machine Learning Approach to Analyze and Predict Employment and its Factors," *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, vol. In Press, 2018. doi: 10.9781/ijimai.2018.02.002.
- [355] A. W. Cross, L. S. Bishop, J. A. Smolin and J. M. Gambetta, "Open quantum assembly language," *arXiv preprint arXiv:1707.03429*, 2017.
- [356] A. Cross, "The IBM Q experience and QISKit open-source quantum computing software," *Bulletin of the American Physical Society*, 2018.
- [357] IBM Research. (2018, 18/2/2018). *QISKit. Quantum Information Software Kit*. Available from: <https://www.qiskit.org/>.
- [358] A. Kandala *et al.*, "Hardware-efficient variational quantum eigensolver for small molecules and quantum magnets," *Nature*, vol. 549, p. 242, 09/13/online 2017. doi: 10.1038/nature23879.
- [359] D. Ristè *et al.*, "Demonstration of quantum advantage in machine learning," *npj Quantum Information*, vol. 3, no. 1, p. 16, 2017/04/13 2017. doi: 10.1038/s41534-017-0017-3.
- [360] S. Papert, *New theories for new learnings*. Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group, 1984.
- [361] S. Chandrasekhar, "Stochastic problems in physics and astronomy," *Reviews of modern physics*, vol. 15, no. 1, p. 1, 1943.
- [362] C. E. Shannon, "A mathematical theory of communication," *The Bell System Technical Journal*, vol. 27, no. 3, pp. 379-423, 1948. doi: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x.
- [363] J. Cruz-Benito, I. Faro, F. Martín-Fernández, R. Therón and F. J. García-Peñalvo, "A Deep-Learning-based proposal to aid users in Quantum Computing programming," presented in HCI International 2018, Las Vegas, USA, 2018. doi: 10.1007/978-3-319-91152-6_32.
- [364] N. J. Nilsson, *Principles of artificial intelligence*. Palo Alto, CA. USA: Morgan Kaufmann, 2014.
- [365] I. Goodfellow, Y. Bengio and A. Courville, *Deep learning*. Cambridge, Massachusetts, USA.: MIT press, 2016.
- [366] Y. LeCun, Y. Bengio and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436-444, 2015.
- [367] 9241-210: 2010. *Ergonomics of human system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems*, 2009.
- [368] D. Castelvecchi, "Quantum cloud goes commercial," *Nature*, vol. 543, no. 7644, pp. 159-159, 2017.
- [369] S. Lee and J. Choi, "Enhancing user experience with conversational agent for movie recommendation: Effects of self-disclosure and reciprocity," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 103, pp. 95-105, 2017.
- [370] The Linux Information Project. (2004, 20/2/2018). *Source Code Definition*. Available from: http://www.linfo.org/source_code.html.
- [371] M. Harman, "Why source code analysis and manipulation will always be important," in *Source Code Analysis and Manipulation (SCAM), 2010 10th IEEE Working Conference on*, 2010, pp. 7-19: IEEE
- [372] IBM Research. (2018, 18/2/2018). *The IBM Quantum Experience*. Available from: <https://www.research.ibm.com/ibm-q/>.
- [373] I. Sutskever, O. Vinyals and Q. V. Le, "Sequence to sequence learning with neural networks," in *Advances in neural information processing systems*, 2014, pp. 3104-3112
- [374] K. Cho *et al.*, "Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation," *arXiv preprint arXiv:1406.1078*, 2014.
- [375] O. Vinyals and Q. Le, "A neural conversational model," *arXiv preprint arXiv:1506.05869*, 2015.
- [376] S. Robertson. (2017, 20/2/2018). *Translation with a Sequence to Sequence Network and Attention*. Available from: http://pytorch.org/tutorials/intermediate/seq2seq_translation_tutorial.html.

- [377] D. Bahdanau, K. Cho and Y. Bengio, "Neural machine translation by jointly learning to align and translate," *arXiv preprint arXiv:1409.0473*, 2014.
- [378] G. Neubig, "Neural machine translation and sequence-to-sequence models: A tutorial," *arXiv preprint arXiv:1703.01619*, 2017.
- [379] E. Loup-Escande, R. Frenoy, G. Popliment, I. Thouvenin, O. Gapenne and O. Megalakaki, "Contributions of mixed reality in a calligraphy learning task: Effects of supplementary visual feedback and expertise on cognitive load, user experience and gestural performance," *Computers in Human Behavior*, vol. 75, pp. 42-49, 2017.
- [380] A. Paszke, S. Gross, S. Chintala and G. Chanan. (2018, 20/2/2018). *PyTorch. Tensors and Dynamic neural networks in Python with strong GPU acceleration*. Available from: <https://github.com/pytorch/pytorch>.
- [381] IBM Research. (2018, 20/2/2018). *pytorch-seq2seq*. Available from: <https://github.com/IBM/pytorch-seq2seq>.
- [382] S. Wiseman and A. M. Rush, "Sequence-to-sequence learning as beam-search optimization," *arXiv preprint arXiv:1606.02960*, 2016.
- [383] IBM Research. (2017, 20/2/2018). *Open QASM. Gate and operation specification for quantum circuits*. Available from: <https://github.com/QISKit/openqasm>.
- [384] D. Deutsch and R. Jozsa, "Rapid solution of problems by quantum computation," in *Proc. R. Soc. Lond. A*, 1992, vol. 439, no. 1907, pp. 553-558: The Royal Society
- [385] Open Neural Network Exchange. (2018, 20/2/2018). *ONNX Github repository*. Available from: <https://github.com/onnx/onnx>.
- [386] J. Aurisset, M. Ramm and J. Parks. (2017, 05/05/2018). *Innovating Faster on Personalization Algorithms at Netflix Using Interleaving*. Available from: <https://medium.com/netflix-techblog/interleaving-in-online-experiments-at-netflix-a04ee392ec55>.
- [387] A. Chandrashekar, F. Amat, J. Basilico and T. Jebara. (2017, 05/05/2018). *Artwork Personalization at Netflix*. Available from: <https://medium.com/netflix-techblog/artwork-personalization-c589f074ad76>.
- [388] N. Govind. (2017, 05/05/2018). *A/B Testing and Beyond: Improving the Netflix Streaming Experience with Experimentation and Data Science*. Available from: <https://medium.com/netflix-techblog/a-b-testing-and-beyond-improving-the-netflix-streaming-experience-with-experimentation-and-data-5b0ae9295bdf>.
- [389] L. Floridi and M. Taddeo, "What is data ethics?," *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 10.1098/rsta.2016.0360 vol. 374, no. 2083, 2016.
- [390] L. Floridi, *The ethics of information*. Oxford University Press, 2013.
- [391] C. O'Neil, *Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy*. Broadway Books, 2016.
- [392] S. S. Chivukula, J. Brier and C. M. Gray, "Dark Intentions or Persuasion?: UX Designers' Activation of Stakeholder and User Values," in *Proceedings of the 19th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 2018, pp. 87-91: ACM
- [393] M. Fansher, S. S. Chivukula and C. M. Gray, "# darkpatterns: UX Practitioner Conversations About Ethical Design," in *Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2018, p. LBW082: ACM
- [394] C. M. Gray, Y. Kou, B. Battles, J. Hoggatt and A. L. Toombs, "The Dark (Patterns) Side of UX Design," in *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2018, p. 534: ACM
- [395] C. Solis and X. Wang, "A study of the characteristics of behaviour driven development," in *Software Engineering and Advanced Applications (SEAA), 2011 37th EUROMICRO Conference on*, 2011, pp. 383-387: IEEE
- [396] D. North, "Introducing BDD," *Better Software*, no. March, 2006.
- [397] J. Bonér, D. Farley, R. Kuhn and M. Thompson. (2014, 11/06/2018). *The reactive manifesto*. Available from: <https://www.reactivemanifesto.org/>.
- [398] M. Román, C. Hess, R. Cerqueira, A. Ranganathan, R. H. Campbell and K. Nahrstedt, "A middleware infrastructure for active spaces," *IEEE pervasive computing*, vol. 1, no. 4, pp. 74-83, 2002.

- [399] D. Maggiorini and L. Ripamonti, "Cloud Computing to Support the Evolution of Massive Multiplayer Online Games," in *ENTERprise Information Systems*, vol. 220, M. Cruz-Cunha, J. Varajão, P. Powell and R. Martinho, Eds. Communications in Computer and Information Science, pp. 101-110: Springer Berlin Heidelberg, 2011. doi: 10.1007/978-3-642-24355-4_11.
- [400] B. Curtis, H. Krasner and N. Iscoe, "A field study of the software design process for large systems," *Communications of the ACM*, vol. 31, no. 11, pp. 1268-1287, 1988.
- [401] C.-L. Wu and L.-C. Fu, "Design and realization of a framework for human-system interaction in smart homes," *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on*, vol. 42, no. 1, pp. 15-31, 2012.
- [402] M. Recabarren and M. Nussbaum, "Exploring the feasibility of web form adaptation to users' cultural dimension scores," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 20, no. 1, pp. 87-108, 2010.
- [403] S. J. Russell and P. Norvig, *Artificial intelligence: a modern approach*. Malaysia; Pearson Education Limited, 2016.
- [404] A. M. Turing, "On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem," *Proceedings of the London mathematical society*, vol. 2, no. 1, pp. 230-265, 1937.
- [405] A. Turing, "Computing Machinery and Intelligence," *Mind*, vol. LIX, no. 236, pp. 433-460, 1950.
- [406] A. Martín-Suárez, C. Maderuelo Martín, J. Cruz-Benito, J. S. Pérez-Blanco, J. M. Armenteros del Olmo and H. Zazo, "Sistemas Conversacionales para el guiado de usuarios en tareas dentro de Mundo Virtuales," Spain, 2016.
- [407] J. Pearl and D. Mackenzie, *The Book of Why. The New Science of Cause and Effect* New York, NY, USA: Basic Books. Hachette Book Group, 2018.
- [408] C. Stephanidis, "Adaptive techniques for universal access," *User modeling and user-adapted interaction*, vol. 11, no. 1-2, pp. 159-179, 2001.
- [409] A. Vázquez-Ingelmo, J. Cruz-Benito and F. J. García-Peñalvo, "Improving the OEEU's data-driven technological ecosystem's interoperability with GraphQL," presented in Fifth International Conference Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality 2017 (TEEM'17), Cádiz, Spain, October 18-20, 2017, 2017.
- [410] R. Therón, J. Cruz-Benito, F. García-Sánchez, R. Santamaría and F. García-Peñalvo, "Innovación en la enseñanza de la Interacción Persona-Ordenador: interfaces imaginadas, ciencia-ficción y trabajo con usuarios reales," presented in IV Congreso Internacional sobre Innovación, Aprendizaje y Competitividad, CINAIC 2017, Zaragoza, Spain, 2017.
- [411] J. Gómez Isla, F. García-Sánchez, J. Cruz-Benito and C. González García, "Procesos colaborativos de crítica y reflexión para la coevaluación de proyectos artísticos de alumnos de Bellas Artes mediante el uso de las tecnologías móviles," presented in IV Congreso Internacional sobre Innovación, Aprendizaje y Competitividad, CINAIC 2017, Zaragoza, Spain, 2017.
- [412] J. Cruz-Benito, O. Borrás-Gené, F. J. García-Peñalvo, Á. Fidalgo Blanco and R. Therón, "Detección de aprendizaje no formal e informal en Comunidades de Aprendizaje soportadas por Redes Sociales en el contexto de un MOOC Cooperativo," in *Actas del XVII Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIE'15) (Setúbal, Portugal. 25-27 November 2015)*, M. d. R. r. Rodrigues, M. n. Llamas Nistal and M. Figueiredo, Eds. pp. 410-418, Portugal: Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Setúbal, 2015.
- [413] A. García-Holgado, J. Cruz-Benito and F. J. García-Peñalvo, "Comparative analysis of the Knowledge Management in Spanish Public Administration," presented in III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad - CINAIC 2015, Madrid, 2015.
- [414] A. García-Holgado, J. Cruz-Benito and F. J. García-Peñalvo, "Analysis of Knowledge Management Experiences in Spanish Public Administration," presented in Third International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'15), Porto, Portugal, 7-9, October, 2015.
- [415] J. Cruz-Benito, R. Therón and F. J. García-Peñalvo, "Analytics of information flows and decision making in heterogeneous learning ecosystems," in *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 2014, pp. 703-707: ACM
- [416] F. García-Sánchez, J. Gómez-Isla, R. Therón, J. Cruz-Benito and J. C. Sánchez-Prieto, "Developing a Research Method to Analyze Visual Literacy Based on Cross-Cultural

- Characteristics," in *Global Implications of Emerging Technology Trends* pp. 19-33: IGI Global, 2018.
- [417] J. Cruz-Benito, "Jupyter notebook developed to support the research presented in the paper "Proposing a machine learning approach to analyze and predict employment and its factors" ", Github, 2017. Available from: <https://github.com/cbjuan/paper-ijimai-ml-employability>. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1040464>.
- [418] J. Cruz-Benito *et al.*, "Sistemas de Comunicación Bidireccional entre Mundos Virtuales y Servidores mediante Servicios Web," Spain, 2016.