

Recomendaciones Personalizadas para Aplicaciones de Soporte al Aprendizaje Ubicuo

Margarita M. Álvarez, Silvina I. Únzaga, Elena B. Durán

Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información (IISI)
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT)
Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE)
Avenida Belgrano (S) 1912, Santiago del Estero, 4200, Argentina
{alvarez; sunzaga; eduran}@unse.edu.ar

Resumen. El aprendizaje ubicuo es un nuevo modelo educativo, caracterizado por la movilidad de los estudiantes, quienes disponen de dispositivos para acceder a los recursos de aprendizaje a través de redes inalámbricas. Además, los procesos educativos están relacionados con la situación que involucra al estudiante, posibilitando el acceso a los recursos educativos adaptados de acuerdo al perfil y al contexto de aprendizaje. Para ofrecer servicios personalizados a los estudiantes en contextos ubicuos hemos desarrollado una Arquitectura dirigida por Modelos Ontológicos. En este artículo presentamos una estrategia, a implementar en el marco de la mencionada arquitectura, para personalizar recomendaciones destinadas a los estudiantes. Se presenta, además, una aplicación de esta estrategia a un caso de estudio. Se concluye que tanto el marco aportado por la Arquitectura, como la estrategia propuesta, son adecuados para guiar la personalización de recomendaciones cuando se desarrollan aplicaciones de apoyo al aprendizaje ubicuo.

Palabras Clave: Aprendizaje ubicuo, Personalización, Recomendaciones, Arquitectura dirigida por modelos, Ontologías.

1 Introducción

En los últimos años, diferentes dispositivos móviles, la tecnología de radio transmisión y la tecnología de sensores se están desarrollando rápidamente y utilizando en forma cada vez más profusa. Soportados en esta tecnología, dispositivos móviles tales como asistentes personales digitales (PDA-Personal Digital Assistants), teléfonos inteligentes, terminales de Internet y etiquetas inteligentes están dando forma a un nuevo ambiente denominado “ambiente ubicuo”, donde los usuarios pueden acceder fácilmente a redes de banda ancha y a diferentes servicios [13].

Este gran desarrollo de la tecnología en comunicaciones y la emergencia de nuevos paradigmas en la Web, con sus consiguientes aplicaciones en el campo de la educación, permiten poner a disposición de los estudiantes una gran diversidad de recursos educativos, crear nuevos y variados entornos de formación, personalizar el aprendizaje y posibilitar la realización de un conjunto de actividades formativas desde cualquier lugar y desde cualquier dispositivo. Los avances descriptos, han dado lugar

al surgimiento del aprendizaje ubicuo (u-learning), que es un nuevo paradigma educativo que tiene lugar en un entorno de computación ubicua, que permite el aprendizaje del contenido correcto, en el lugar más apropiado, en el momento indicado y de la manera correcta.

Los ambientes de aprendizaje ubicuo superan las limitaciones de una clase o ambiente de aprendizaje tradicional, y extienden el aprendizaje haciendo realidad la idea de aprendizaje en cualquier lugar y en cualquier momento, permitiendo a las personas acceder a mejores experiencias de aprendizaje en sus ambientes de la vida diaria. El uso de dispositivos tales como teléfonos móviles y PDA generan nuevas oportunidades para los estudiantes permitiéndoles estar conectados intensamente. Por lo tanto, los contenidos educativos pueden accederse y las interacciones pueden concretarse donde los estudiantes lo necesiten, en diferentes campos de la vida diaria, sin restricción de espacio ni de tiempo [7].

En los ambientes ubicuos es fundamental proporcionar una educación personalizada. La personalización en el contexto de la Informática se refiere a la capacidad de un sistema o aplicación para adaptarse y satisfacer las necesidades de cada usuario; teniendo en cuenta, por ejemplo, su nivel de conocimientos, estilos de aprendizaje, habilidades cognitivas, ubicación actual, motivación, intereses, idioma preferido, etc.; y así lograr que los entornos de aprendizaje permitan al estudiante una experiencia más eficaz, conveniente y exitosa de aprendizaje [7]. Por otra parte, los sistemas de recomendaciones son herramientas que generan recomendaciones sobre un determinado objeto de estudio, a partir de las preferencias y opiniones dadas por los usuarios. El uso de estos sistemas se está poniendo cada vez más de moda en Internet debido a que son muy útiles para evaluar y filtrar la gran cantidad de información disponible en la Web con el objeto de asistir a los usuarios en sus procesos de búsqueda y recuperación de información [8]. No obstante, en la mayoría de los sistemas de recomendación existentes, se utiliza sólo la información referida a las preferencias del usuario para proporcionar servicios personalizados, dejando de lado la información contextual [14], que es altamente relevante en los ambientes ubicuos.

Nosotras hemos estado investigando cómo la computación ubicua y las técnicas de personalización podrían utilizarse para mejorar el aprendizaje y cómo desarrollar eficientemente entornos de u-learning. Para alcanzar este objetivo propusimos una Arquitectura dirigida por modelos ontológicos para aplicaciones de aprendizaje ubicuo [5]. Esta arquitectura se compone por seis módulos de software (*Módulo de Registración, Módulo de Interfaz de Usuario, Módulo de Adquisición de Contexto Ubicuo, Módulo de Análisis de Petición de Usuario, Módulo de Personalización, Módulo de Mantenimiento de los Modelos Ontológicos*) que interactúan con diferentes ontologías que representan e integran la información del estudiante, del dominio y del contexto, y en forma general se las ha denominado ONTO-AU [1].

En este artículo presentamos, en particular, una descripción de la estrategia diseñada para generar las recomendaciones personalizadas en el módulo de personalización, que forma parte de la arquitectura mencionada.

En las siguientes secciones se presenta una revisión de trabajos relacionados a la personalización de sistemas de aprendizaje ubicuo; se describe la estrategia de generación de recomendaciones personalizadas y su aplicación en un caso concreto; y, finalmente, se expresan las conclusiones y se delinear algunos trabajos futuros.

2 Trabajos Relacionados

Algunos proyectos están investigando el uso de la computación ubicua para proporcionar nuevas perspectivas de aprendizaje. En esta sección se presentan algunos antecedentes que sugieren la aplicación de técnicas de personalización en ambientes de aprendizaje ubicuo.

En [10] se describe un sistema de registro de aprendizaje ubicuo llamado SCROLL, cuyo objetivo es ayudar a los usuarios a capturar en los logs aquello que han aprendido, revisar y reflejar sus viejas bitácoras de aprendizaje, reutilizar el conocimiento cuando lo necesitan, recordar en el momento adecuado, en el lugar correcto y recomendar adecuadamente las bitácoras de aprendizaje de los demás. El sistema puede recomendar objetos de aprendizaje para un alumno determinado teniendo en cuenta tanto el contexto como sus necesidades de estudio.

Chia-Chen Chen y Tien-Chi Huang [4] proponen un sistema de aprendizaje ubicuo sensible al contexto, basado en la identificación por radiofrecuencia, red inalámbrica, dispositivo de mano embebido, y las tecnologías de bases de datos para detectar y examinar el comportamiento de aprendizaje de los estudiantes en el mundo real. Este sistema proporciona un proceso de aprendizaje personalizado que utiliza la secuencia curricular para generar un curso de aprendizaje personalizado para cada estudiante mediante la selección dinámica de materiales didácticos óptimos. El enfoque propuesto se basa en un examen formativo para recoger los conceptos de aprendizaje incorrectos de los alumnos a través de pruebas de adaptación computarizada extraídas de un banco de preguntas. Ellos emplean para construir un camino de aprendizaje casi óptimo los patrones de respuesta incorrectas del examen formativo y buscan los materiales didácticos pertinentes de la base de datos de los planes de estudio en función del grado de dificultad del currículo.

Won-Ik Park et al. [14] proponen una técnica de personalización sensible al contexto eficiente, teniendo en cuenta la situación y los gustos de los usuarios en entornos de computación ubicua. El método se basa en el empleo de una técnica híbrida de personalización que aplica personalización sensible al contexto y personalización basada en el perfil de usuario, usando ontologías, reglas y análisis multicriterio. La personalización sensible al contexto recomienda una lista de candidatos usando las preferencias definidas en la ontología y las reglas. Y luego, mediante la personalización basada en el perfil de usuario, recomienda una lista final de la lista de candidatos utilizando el análisis multicriterio.

Shu-Lin Wang y Chun-Yi Wu [12] proponen aplicar tecnología de contexto y algoritmos de recomendación para desarrollar un sistema de aprendizaje ubicuo que ayuda a que los estudiantes, en un aprendizaje a lo largo de la vida, se den cuenta de los objetivos de aprendizaje personalizados en forma consciente al contexto. Toma en cuenta las necesidades de aprendizaje de los alumnos en un contexto real, así como las diferencias en las preferencias personales. Se utilizó el filtrado colaborativo y reglas de asociación para el desarrollo del sistema. Los materiales de aprendizaje adaptativo se recomiendan para el aprendizaje a lo largo de la vida utilizando un modelo de minería de reglas de asociación con el fin de mejorar la motivación y la eficacia en el aprendizaje de los alumnos.

En Ovalle et al. [11] se propone un modelo de recomendación personalizada de recursos educativos para cursos virtuales adaptativos basados en agentes inteligentes. Las funcionalidades del prototipo son: planificación de sus cursos virtuales, evaluación en línea, búsqueda y recuperación de objetos de aprendizaje y Servicios de Awareness. El prototipo construido presenta agentes inteligentes proactivos y deliberativos que permiten la búsqueda y recomendación de información adaptada al perfil del estudiante. Se emplearon ontologías para la descripción de los conceptos necesarios para definir la estructura del perfil del usuario y las reglas para poder seleccionar de forma adaptativa los contenidos para planificar el curso virtual y la adaptación de los Objetos de Aprendizaje a las características del usuario.

3 Estrategia de generación de recomendaciones Personalizadas

A partir de considerar diferentes aproximaciones teóricas [2, 3, 6, 9] respecto a los tipos de adaptación o personalización en e-learning, hemos determinado los siguientes tipos de adaptación para el contexto de personalización de este trabajo (Fig. 1).



Figura 1: Tipos de adaptación

Adaptación Didáctica: consiste en adaptar el diseño instruccional a partir de un planeamiento riguroso en el que se establecen criterios respecto a: los *contenidos* con que se abarcarán las unidades de aprendizaje del dominio de conocimiento, el conjunto de *actividades* y la *ruta instruccional* a proponer al estudiante conforme a sus características y condiciones contextuales.

Adaptación de Interfaz: se fundamenta en la disposición del sistema para el estudiante con las adaptaciones de: *Presentación*, respecto a la disposición en que los materiales y actividades son provistos, con una apariencia e interacción conforme a las condiciones de cada estudiante; y de *Navegación*, que incluye la estructura de los enlaces (basado en web) o relaciones inter-objetos para el desplazamiento por el sistema.

Adaptación Colaborativa: consiste en adaptar las recomendaciones para las actividades colaborativas del estudiante, abarcando principalmente la recomendación de colaboradores acorde a las características personales y contextuales propias de los estudiantes y de sus posibles colaboradores (*pares* o *expertos*).

Por otra parte, hay varios métodos que se pueden implementar para hacer personalización en e-learning [11]. En esta investigación, para la personalización en u-learning, adoptamos una estrategia basada en un **enfoque de personalización híbrido** que combina la *personalización basada en perfiles de usuario*, que permite adaptar a las características relevantes de los estudiantes, con la *personalización sensible al contexto*, que realiza la adaptación en base a los aspectos que caracterizan una situación de aprendizaje particular, el ambiente donde se concreta y los dispositivos y medios que se usan. Se utiliza además un enfoque semántico mediante el uso de ontologías para el modelado tanto de los datos del perfil como del contexto. En ambos casos, la técnica aplicada para filtrar los aspectos relevantes a recomendar, son las reglas. En la Fig. 2 se muestra una visión global del enfoque aplicado en el Módulo de Personalización de la Arquitectura dirigida por modelos ontológicos para aplicaciones de aprendizaje ubicuo [5].

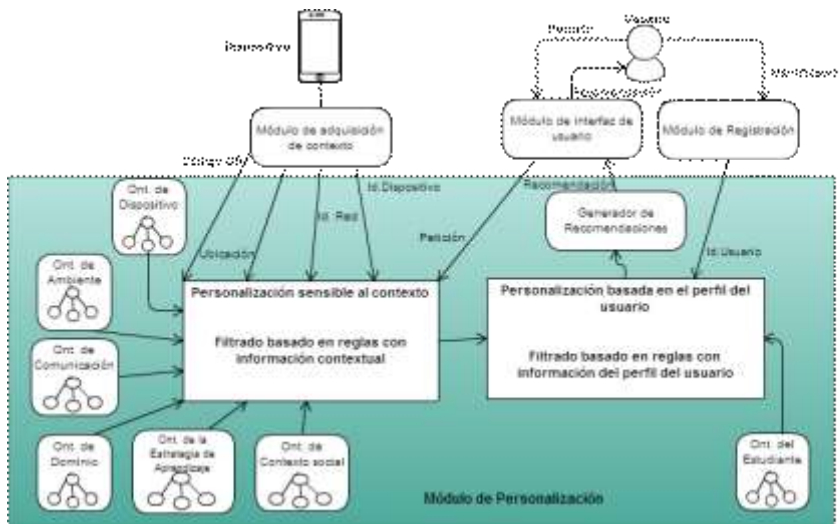


Figura 2: Visión global del enfoque aplicado en el Módulo de Personalización de la Arquitectura dirigida por modelos ontológicos para aplicaciones de aprendizaje ubicuo

4 Aplicación de la Estrategia a un caso de estudio

A continuación se muestra el uso de la estrategia descrita en la sección anterior, para diseñar recomendaciones personalizadas en una aplicación de apoyo al aprendizaje ubicuo que brinda cinco tipos de servicios. Los mismos son:

- 1- *Servicio 1:* Recomendar Objetos de Aprendizaje para puntos de interés seleccionados por el estudiante.
- 2- *Servicio 2:* Recomendar un camino de aprendizaje a partir de un objetivo de aprendizaje seleccionado por el estudiante.
- 3- *Servicio 3:* Recomendar puntos de interés cercanos a la ubicación del estudiante.

- 4- *Servicio 4*: Recomendar expertos para que asesoren al estudiante para cumplir con una tarea.
- 5- *Servicio 5*: Recomendar pares para que asesoren al estudiante para cumplir con una tarea.

Recomendaciones personalizadas para el servicio 1. El estudiante desea aprender acerca de un Punto de Interés (PI) determinado para lo cual sensa el código QR asociado al PI, usando su dispositivo móvil, y el sistema recomienda los Objetos de Aprendizaje (OA) apropiados, representados en la Ontología del Dominio. Para poder realizar esta recomendación se aplica personalización sensible al contexto para recomendar una lista de OA candidatos relacionados al PI y a las características técnicas del dispositivo del estudiante, representadas en la Ontología de Dispositivo. Luego, aplicando la técnica de personalización basada en el perfil del usuario, el sistema recomienda una lista final de OA candidatos de acuerdo con el estilo de aprendizaje del estudiante, representado en la Ontología del Estudiante. El siguiente ejemplo muestra las reglas que generan la lista de OA candidatos.

Ejemplo 1 :

(Defrule Servicio1)

L1 = (Select OA with Id_OA = Id_Punto-Interes AND Formato_OA = "video/mpeg" AND Tamaño_OA < "4200" AND Tipo_Plataforma_OA = SO AND Nombre_Platforma = "android" AND Tipo_Red_OA = "wifi" AND Tipo_Hardware_OA = "tablet 10")

L2 = (Select from L1 OAs with Tipo_Recurso_Educativo_OA = "simulation" OR "diagram" OR "figure" OR "graphic" OR "slide" AND Tipo_interactividad_OA = "active" AND Nivel_Interactividad_OA = "high" OR "very high" AND Dificultad_OA = "easy")

Esta regla filtra los OA que cumplan con las siguientes condiciones:

- A) Estén relacionados con el PI cuyo código QR fue sentido por el dispositivo móvil del estudiante.
- B) Sus características técnicas coincidan con las características técnicas del dispositivo usado por el estudiante (Tablet con pantalla de 10", Sistema Operativo ANDROID y software que puede mostrar videos con formato mpeg).
- C) Sus características pedagógicas coincidan con el estilo de aprendizaje (visual-activo) y nivel de conocimiento (bajo).

Recomendaciones de un camino de aprendizaje a partir de un objetivo de aprendizaje seleccionado por el estudiante. El estudiante selecciona un objetivo de aprendizaje y el sistema lo guía basado en su ubicación actual, su perfil de usuario e historia de aprendizaje (modelados en la Ontología del estudiante) y los datos recolectados por los sensores de su dispositivo móvil.

Para realizar este servicio se usará un algoritmo heurístico para determinar un camino de aprendizaje personalizado, que consiste en determinar los PI que el estudiante visitará buscando el mejor camino de aprendizaje. El siguiente ejemplo muestra las reglas que generan el camino de aprendizaje personalizado.

Ejemplo 2

(Defrule Servicio 2)

L1=(Select Tema-EA with Id-Objetivo-EA = Objetivo-seleccionado)

Por cada tema de L1 aplicar

L2 = (Select Tema-D with Id_Tema_D = Id_Tema L1 AND Select PI with Id_PI_Tema_D = Id_PI)

L3 = (Select FROM L2 PI with Estado_PI_ES = "no realizado")

L4 = (Ordenar L3 haciendo:

{Calcular distancia de PI en relación a ubicación del alumno

Ordenar distancias de menor a mayor})

Esta regla selecciona una secuencia de temas (L1) desde la Ontología de Estrategia de Aprendizaje (EA) que corresponda con el objetivo seleccionado por el estudiante. Luego por cada tema de la secuencia recupera desde la ontología del dominio (D) los puntos de interés asociados al mismo (L2). A continuación, la regla selecciona de L2 aquellos PI que el estudiante no visitó (L3). Para cada PI calcula la distancia en relación a la posición actual del estudiante y genera una lista por orden creciente de estos PI.

Recomendaciones personalizadas de puntos de interés cercanos a la ubicación del estudiante. El sistema recomienda los PI más cercanos a la ubicación actual del estudiante considerando su historia de aprendizaje modelada en la Ontología del Estudiante. Un ejemplo de regla que genera la lista de PI candidatos se muestra a continuación.

Ejemplo 3:

(Defrule Servicio 3)

L1 = (Select Puntos_Interes with (DIFFERENCE BETWEEN (Ubicacion_Estudiente, Ubicacion_Puntos_Interes) <= 10 mts.))

L2 = (Select FROM L1 PI with Estado_PI_ES = "no realizado")

Esta regla filtra los PI cuya distancia a la ubicación del estudiante es menor que 10 mts. (L1). De allí, selecciona los PI no realizados por el estudiante (L2).

Recomendaciones de expertos para que asesoren al estudiante para cumplir con una tarea. En este servicio el estudiante solicita el asesoramiento o colaboración de un experto en la tarea que debe realizar. El sistema le recomienda los expertos en el tema, que estén en línea y además, los expertos que se encuentren físicamente cerca de la ubicación actual del estudiante. Para ello se consulta a la Ontología de Contexto Social. Un ejemplo de regla que genera las listas de expertos candidatos se muestra a continuación.

Ejemplo 4:

(Defrule Servicio 4)

L1 = (Select Expertos with Tema-CS = Tema-seleccionado)

L2 = (Select FROM L1 Expertos with Estado-CS = "conectado")

L3 = (Select FROM L1 Expertos with (DIFFERENCE BETWEEN ((Ubicacion_Estudiente, Ubicacion_Experto) <= 10 mts.))

Esta regla genera una primera lista con los Expertos del Contexto Social (CS) cuyo tema de experticia se corresponda con el tema en el que está trabajando el alumno. De esa lista se filtran para L2 aquellos expertos que cumplan con la condición de estar en línea. Para L3 se filtran de L1 los expertos que se encuentren a una distancia menor a 10 mts. de la ubicación actual del estudiante.

Recomendaciones de pares para que asesoren al estudiante para cumplir con una tarea. En este servicio el estudiante solicita el asesoramiento o colaboración de un compañero estudiante que ya haya realizado la tarea que él pretende completar. Para ello, a partir de la identificación del estudiante en el sistema y de la tarea que quiere realizar, aplicando una técnica de personalización basada en el perfil del usuario y la historia de aprendizaje, el sistema recomienda una lista de compañeros candidatos que estén en línea en ese momento y/o que se encuentren físicamente cerca de la ubicación actual del estudiante. Un ejemplo de regla que genera las listas de compañeros candidatos se muestra a continuación.

Ejemplo 5:
 (Defrule Servicio 5)
 L1 = (Select Estudiante with Id-Curso-Estudiante= Id-Curso AND Estado-Tarea-ES = "aprobado")
 L2 = (Select FROM L1 Estudiante with Estado-ES = "conectado")
 L3 = (Select FROM L1 Estudiante with (DIFERENCE BETWEEN ((Ubicacion_Estudiante, Ubicacion_Par) <= 10 mts.))
 Esta regla genera una primera lista (L1) con los Pares que pertenecen al mismo curso del estudiante y tienen aprobada la tarea que el estudiante ha seleccionado para realizar. De L1 se filtran los pares que se encuentren conectados al sistema en ese momento para conformar L2. L3 está formada por los pares que se encuentren a una distancia menor a 10 mts. de la ubicación actual del estudiante.

En la Tabla 1 se resumen los tipos de adaptación aplicados, considerando lo definido al comienzo de esta sección, para cada uno de los servicios.

Tabla 1: Resumen de adaptaciones

SERVICIO	TIPO DE PERSONALIZACIÓN	TÉCNICA DE PERSONALIZACIÓN
1	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación didáctica de contenido • Adaptación de interfaz: Presentación 	Híbrida que combina Personalización sensible al contexto y Personalización basada en el perfil del usuario
2	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación didáctica de secuencia 	Algoritmo Heurístico para determinar camino de aprendizaje
3	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación didáctica de contenido 	Híbrida que combina Personalización sensible al contexto y Personalización basada en el perfil del usuario
4	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de colaboración 	Híbrida que combina Personalización sensible al contexto y Personalización basada en el perfil del usuario
5	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de colaboración 	Híbrida que combina Personalización sensible al contexto y Filtrado Colaborativo

5 Conclusiones y Trabajos Futuros

En un ambiente de aprendizaje ubicuo es fundamental considerar los elementos que involucran al estudiante en el mundo real, ya que estos condicionan el contenido a

aprender, las actividades y la secuencia de aprendizaje, entre otras cosas. En consecuencia, uno de los principales problemas a considerar en el diseño de aplicaciones que den soporte a este tipo de aprendizaje es la percepción del contexto en el que se encuentra el estudiante.

En este artículo, hemos mostrado cómo la tecnología de la computación ubicua y las técnicas de personalización pueden ser útiles en estos nuevos escenarios de aprendizaje. En particular, hemos presentado una estrategia para generar recomendaciones en un sistema de soporte al aprendizaje ubicuo, implementable en el Módulo de Personalización de la Arquitectura Dirigida por Modelos Ontológicos.

Se pueden destacar las siguientes conclusiones en relación a la estrategia propuesta y su aplicación a un caso de estudio:

- La Arquitectura dirigida por Modelos Ontológicos aporta un marco adecuado para la aplicación de la estrategia propuesta.
- La estrategia para la generación de recomendaciones basada en un enfoque de personalización híbrido, resultó adecuada al ser aplicada a un caso particular, permitiendo adaptar los contenidos, el camino de aprendizaje, la interfaz y la colaboración, tanto a las características relevantes de los estudiantes como a los aspectos que caracterizan una situación de aprendizaje particular, el ambiente donde se concreta y los dispositivos y medios que se usan.
- El enfoque semántico aplicado, con el uso de ontologías para el modelado tanto de los datos del perfil como del contexto, resultó útil ya que permitió instanciar para un caso concreto los aspectos generales de cada ontología.
- La técnica aplicada para filtrar los aspectos relevantes a recomendar, basada en reglas, resultó eficiente permitiendo especificar claramente las condiciones de personalización tanto del contexto como del perfil del estudiante.

Actualmente, estamos trabajando en la implementación del caso particular para una aplicación ubicua que asista el aprendizaje en el curso de ingreso universitario, utilizando el software Protege para desarrollo de las ontologías.

Referencias

1. Alvarez, M. M; Duran, Elena B. and Unzaga, S.I. ONTO-AU: Una ontología para sistemas de apoyo al aprendizaje ubicuo. VIII Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. V, 143-149. Tucumán (2012)
2. Brusilovsky P. Methods and techniques of adaptive hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction, 1996, v 6, n 2-3, pp 87-129
3. Brusilovsky, P. Adaptive Hypermedia, User Modeling and User-Adapted Interaction, vol. 11, pp. 87-110, 2001.
4. Chia-Chen Chen and Tien-Chi Huang. Learning in a u-Museum: Developing a context-aware ubiquitous learning environment. Computers & Education 59, 873–883 (2012)
5. Durán, E.B.; Alvarez, M. M. and Unzaga, S.I. Ontological Model-driven Architecture for Ubiquitous Learning Applications. 7th Euro American Association on Telematic and Information Systems (EATIS 2014), Valparaiso, Chile, 2 al 4 de Abril de 2014. Proceedings published by ACM Digital Library within its International Conference Proceedings Series, ISBN 978-1-4503-2435-9. Disponible en: <http://dl.acm.org/>

citation.cfm?id=2590776&dl=ACM&coll=DL&CFID=356022841&CFTOKEN=38496822
(2014)

6. García, V. Personalisation in Adaptive E-Learning Systems. A Service Oriented Solution Approach for Multi-Purpose User Modelling Systems, Doctorado, Computer Science, Institute for Information Systems and Computer Media (IICM). Graz University of Technology, Graz, 2007.
7. Graf Sabine and Kinshuk. Adaptivity and Personalization in Ubiquitous Learning Systems. A. Holzinger (Ed.): USAB 2008, LNCS 5298, pp. 331–338, 2008. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2008)
8. Herrera-Viedma E., Porcel C. and L. Hidalgo L. Sistemas de recomendaciones: herramientas para el filtrado de información en Internet [en línea]. "Hipertext.net", núm. 2, 2004. <http://www.hipertext.net>
9. Kobsa A., Koenemann J. and Pohl G. Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships, The Knowledge Engineering Review, vol. 16, pp. 111-155, 2001.
10. Mengmeng Li, Hiroaki Ogata, Bin Hou, Noriko Uosaki, Yoneo Yano Hwang, Tsai, and Yang. Personalization in Context-aware Ubiquitous Learning-Log System. Seventh IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education. 978-0-7695-4662-9/12. IEEE DOI 10.1109/WMUTE.2012.14. pp 41-48 (2012)
11. Ovalle, D.; Salazar, O. & Duque, N. Modelo de Recomendación Personalizada en Cursos Virtuales basado en Computación Ubicua y Agentes Inteligentes. Información Tecnológica Vol. 25(6), 131-142 (2014)
12. Shu-Lin Wang and Chun-Yi Wu. Application of context-aware and personalized recommendation to implement an adaptive ubiquitous learning system. Expert Systems with Applications 38 10831–10838 (2011)
13. Weiser, M. The computer for the 21st century. Scientific American, 265(3), 94–104 (1991).
14. Won-Ik Park, Jong-Hyun Park, Young-Kuk Kim and Ji-Hoon Kang. An Efficient Context-Aware Personalization Technique in Ubiquitous Environments. ICUIMC '10 Proceedings of the 4th International Conference on Uniquitous Information Management and Communication. Article No. 60 ACM. New York, USA. ISBN: 978-1-60558-893-3 (2010).