

Calidad de la Adaptación de Cursos a Perfiles de Estudiantes

Regina Motz
Instituto de
Computación,
Facultad de
Ingeniería,
Universidad de la
República, Uruguay
rmoz@fing.edu.uy

Maximiliano Canario
Instituto de
Computación, Facultad
de Ingeniería,
Universidad de la
República, Uruguay
rmotz@fing.edu.uy

Gustavo Signorele
Instituto de
Computación,
Facultad de
Ingeniería,
Universidad de la
República, Uruguay
rmoz@fing.edu.uy

Fernanda Sorribas
Instituto de
Computación,
Facultad de
Ingeniería,
Universidad de la
República, Uruguay
rmoz@fing.edu.uy

RESUMEN

Lograr que un curso a distancia cubra las diferentes características culturales que pueden presentar los potenciales estudiantes, requiere de un esfuerzo importante por parte del autor. Una solución a esta problemática consiste en contar con software capaz de realizar en forma automática la adaptación del curso a las características de los estudiantes. A su vez, resulta de vital importancia contar con medidas de calidad en la adaptación, debido a que se puede observar que no siempre es posible alcanzar una adaptación con un cien por ciento de satisfacción. El autor podría observar un decremento en la calidad de su curso, si por ejemplo se obtiene como resultado de la adaptación un curso sin ejercicios (siendo que originalmente los tenía).

Este trabajo tiene como propósito construir un prototipo capaz de adaptar en forma automática la presentación y el contenido de cursos a distancia a diferentes características de estudiantes, brindando medidas de calidad respecto a la satisfacción del estudiante y a la calidad propia del curso resultante de la adaptación.

Entre los aportes más destacados de este trabajo, se encuentra la definición y el análisis de una metodología configurable y extensible para la medición de la calidad en múltiples situaciones.

PALABRAS CLAVES

Adaptabilidad, Medidas de Calidad.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la oferta y demanda de cursos a distancia ha experimentado un incremento vertiginoso, gracias a los avances tecnológicos y a las posibilidades del público en

general de acceder a los mismos. Sin embargo, la realidad revela que los cursos a distancia se tornan más provechosos cuanto mejor se adaptan a las características propias del estudiante. Ejemplo de estas características son los conocimientos previos del individuo, en qué marco de carrera y con que objetivos toma el curso, cuál es su estilo de aprendizaje, cual es su ambiente de trabajo, tipo de conexión, entre otras. Pero la tarea de autoría de cursos a distancia es extremadamente costosa, se calcula que consume en promedio diez veces mas de tiempo que la preparación de un

curso presencial. Esto conduce a la importancia de contar con herramientas que asistan el proceso de adaptar un curso a las distintas necesidades y estilos de aprendizaje de los estudiantes. A su vez es importante que dichas herramientas indiquen el grado de calidad alcanzado en la adaptación, debido a que no siempre un curso que fue diseñado siguiendo determinado perfil de estudiante objetivo puede adaptarse a otro estudiante con un perfil diferente al original.

Uno de los desafíos planteados en el proyecto CYTED-SOLITE [4] y en el Proyecto JARDIN [7] es ofrecer una plataforma capaz de adaptar en forma automática el contenido de los cursos a los diferentes perfiles de estudiante, no solo en lo concerniente a su presentación sino en sus características conceptuales. Es en este marco que el presente trabajo aporta además de la adaptabilidad, las correspondientes medidas de calidad con que se lleva a cabo este proceso de adaptación.

Tanto el perfil del estudiante como el contenido del curso se describen mediante metadatos expresados a través de ontologías. Existe una ontología de perfil del estudiante [1] y otra ontología de contenido del curso [2]. Cada estudiante al igual que cada curso, tendrá asociado una instancia de la ontología respectiva. El Sistema construido toma como entradas válidas para el proceso de adaptación una instancia de ontología de cada tipo: de curso y de perfil de estudiante.

Motz, R., Canario, M., Signorele, G., Sorbias, F. (2008). Calidad de la Adaptación de Cursos a Perfiles de Estudiantes. En J. Sánchez (Ed.): Nuevas Ideas en Informática Educativa, Volumen 4, pp. 30-41, Santiago de Chile.

El proceso de generación de la instancia de ontología de curso se realiza automáticamente mediante técnicas de extracción de información e inferencia, a partir del contenido del curso y cierta información del mismo brindada por el autor del curso. [10]. Cada vez que el estudiante ingresa en el Sistema, se evalúa sus características culturales que pueden influir en la forma de navegación del curso, en la percepción de los contenidos educacionales propuestos, en la presentación, etc.

El problema que se aborda en este trabajo consiste en automatizar el proceso de adaptación de un curso a determinadas características del perfil de un estudiante, indicando las medidas de calidad alcanzadas en dicha adaptación.

En base a esto es que el análisis de la solución se divide en dos grandes partes: por un lado se tiene el análisis enfocado en el proceso de adaptación, y por otro lado, se encuentra el análisis centrado en la calidad de dicho proceso. El análisis enfocado en el proceso de adaptación, consiste en determinar aquellas correspondencias existentes entre las características del perfil de estudiante y el contenido del curso. Una vez identificadas estas correspondencias, se diseñan aquellas transformaciones que se encargan de adaptar el curso al perfil del estudiante. El proceso de adaptación consiste en un conjunto de etapas, donde en cada una se aplica una transformación a la instancia de ontología de curso. Cada transformación está definida para una o varias características del perfil del estudiante, teniendo como objetivo modificar el curso de acuerdo a los aspectos vinculados únicamente a las características en cuestión.

Por otro lado, el análisis centrado en la calidad, consiste en definir el concepto de calidad y estudiar cómo puede ser medida. Este análisis se realiza para dos contextos específicos. Por un lado, se tienen en cuenta solamente el curso original y el curso adaptado, realizando una comparación entre las propiedades de los mismos y dejando de lado la percepción del estudiante. Esto es en cierto sentido una medición que intenta reflejar cuanto influye la adaptación sobre el curso original., que llamamos de *calidad del curso*.

Por otro lado, se toma en cuenta el curso adaptado y el perfil del estudiante, realizando una comparación entre lo que el estudiante espera obtener y lo que obtiene realmente como resultado. Esto es una medición que intenta reflejar el nivel de satisfacción del estudiante con la adaptación, o visto desde otro punto de vista refleja que tanto se adapta el curso al perfil del estudiante, que llamamos de *satisfacción del estudiante*.

Entre los principales aportes se encuentra entonces la definición de una metodología para medir la calidad en estos dos contextos diferentes: satisfacción del estudiante y calidad del curso.

CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL ESTUDIANTE

La automatización del proceso de adaptación requiere analizar cada una de las características presentes en el perfil del estudiante, con el fin de determinar con que elementos del curso se corresponde cada una de ellas. En base a estas correspondencias se puede definir el resultado esperado de la adaptación, brindando un curso que se adapte a dicho estudiante con determinado nivel de calidad.

Las características del perfil del estudiante que tomamos en cuenta en el desarrollo de esta primera versión del Sistema, son las siguientes: *hasKnowledgeOn*, *hasLearningGoal*, *hasNetworkConnection*, *hasLearningStyle*, *wantsTutorial*, *hasApprovedTopics*, *locationLearningTrajectoryWF* y *hasVisitedTopics*.

La característica *hasKnowledgeOn* se refiere al conocimiento previo que posee el estudiante. El curso adaptado no deberá tener disponibles aquellos tópicos no obligatorios que figuran en el *hasKnowledgeOn* del estudiante. Si un tópico que figura en el *hasKnowledgeOn* del estudiante es definido como obligatorio por el autor del curso, el mismo deberá permanecer en el curso adaptado.

La característica *hasLearningGoal* describe los objetivos de aprendizaje que posee el estudiante. Dichos objetivos se establecen mediante el conjunto de carreras en las que se encuentra inscripto el mismo. El curso deberá ser adaptado únicamente a aquellas carreras para las cuales se encuentra disponible y que además constituyen el objetivo de aprendizaje del estudiante.

La característica *hasNetworkConnection* describe el tipo de conexión que posee el estudiante. El valor asociado a esta característica permite determinar y eventualmente elegir, aquellos objetos de aprendizaje del curso cuyo requerimiento mínimo de conexión sea soportado por el mismo. El curso adaptado deberá contener únicamente aquellos materiales cuyo requerimiento mínimo de conexión pueda ser soportado por el tipo de conexión del estudiante. Por material de soporte se entiende un material utilizado en un tópico, como por ejemplo, ejercicios, ejemplos, material en la web, etc.

La característica del perfil del estudiante *hasLearningStyle*, se refiere al estilo de aprendizaje con que el estudiante desea abordar el curso. Como resultado, se deberá ofrecer por cada material de soporte del curso adaptado, aquella versión que mejor se ajuste al estilo de aprendizaje del estudiante.

La característica del perfil del estudiante *wantsTutorial*, indica si el estudiante desea o no ser guiado en la ejecución del curso. En caso que el estudiante quiera ser guiado, el contenido del curso será desplegado tópico a tópico según el orden definido por el autor al momento de crear el curso. En caso que el estudiante no desee ser guiado, el curso adaptado deberá mostrar habilitados el conjunto de tópicos en su totalidad, dejando a criterio del estudiante el orden de navegación del mismo.

La característica *hasVisitedTopics* representa el conjunto de tópicos recorridos por el estudiante en la última ejecución del curso. El curso adaptado deberá distinguir a nivel de presentación los tópicos visitados de aquellos que no han sido visitados por el estudiante. De manera similar, la característica *hasApprovedTopics* representa el conjunto de tópicos del curso aprobados por el estudiante, y el curso adaptado deberá distinguirlos a nivel de presentación.

La característica *locationLearningTrajectoryWF* describe el último tópico visitado por el estudiante dentro del curso. La adaptación deberá, de ser posible, desplegar el curso adaptado posicionado en el tópico determinado por esta característica.

EL PROCESO DE ADAPTACIÓN

El proceso de adaptación que se lleva a cabo, consiste en un conjunto de etapas en cada una de las cuales se aplica una transformación a una instancia de la ontología de curso. Algunas de las transformaciones están definidas en base a una característica del perfil del estudiante, mientras que otras transformaciones abarcan varias características. Las características del perfil del estudiante que tomamos en cuenta en este Proyecto son las siguientes: *hasKnowledgeOn*, *hasLearningGoal*, *hasNetworkConnection*, *hasLearningStyle*, *wantsTutorial*, *hasApprovedTopics*, *locationLearningTrajectoryWF*, *hasVisitedTopics*. Y las transformaciones definidas para estas características son: *hasKnowledgeOnTransformation*, *hasLearningGoalTransformation*, *hasNetworkConnectionTransformation*, *hasLearningStyleTransformation*, *wantsTutorialTransformation* (para *wantsTutorial* y *hasApprovedTopics*) y *hasVisitedTopicsTransformation* (para *locationLearningTrajectoryWF* y *hasVisitedTopics*)

El proceso de adaptación puede involucrar dos tipos de cambio en la instancia de ontología del curso: cambios a nivel estructural y/o cambios a nivel de presentación.

Un **cambio a nivel estructural** abarca toda acción que altere el contenido del curso, es decir los objetos de aprendizaje que lo componen, las relaciones existentes entre ellos y/o sus propiedades.

Un **cambio a nivel de presentación** se refiere a aspectos relacionados con la estética del curso, es decir colores, navegabilidad del mismo, formato en que se presenta al estudiante el contenido de un elemento del curso, etc.

En la Tabla 1 se presenta una clasificación de las características del estudiante de acuerdo a éstos dos niveles.

Característica	Nivel
<i>hasKnowledgeOn</i>	estructural
<i>hasLearningGoal</i>	estructural
<i>hasNetworkConnection</i>	estructural y presentación
<i>hasLearningStyle</i>	estructural y presentación
<i>wantsTutorial</i>	presentación
<i>hasApprovedTopics</i>	presentación
<i>locationLearningTrajectoryWF</i>	presentación
<i>hasVisitedTopics</i>	presentación

Tabla 1. Características según el tipo de cambio que involucra.

En la Figura 1 se presenta el proceso de adaptación junto con las etapas, transformaciones y características que involucra el mismo. Las etapas del proceso se muestran agrupadas según el tipo de cambio que involucran en la ontología de contenido del curso (priorizando los cambios estructurales en caso de que las etapas involucren ambos cambios).

Nivel estructural	Etapa 1	<i>hasKnowledgeOnTransformation</i> <i>hasKnowledgeOn</i>
	Etapa 2	<i>hasLearningGoalTransformation</i> <i>hasLearningGoal</i>
	Etapa 3	<i>hasNetworkConnectionTransformation</i> <i>hasNetworkConnection</i>
	Etapa 4	<i>hasLearningStyleTransformation</i> <i>hasLearningStyle</i>
	Etapa 5	<i>DifficultyTransformation</i> <i>Difficulty</i>
Nivel de presentación	Etapa 6	<i>wantsTutorialTransformation</i> <i>wantsTutorial</i> , <i>hasApprovedTopics</i>
	Etapa 7	<i>hasVisitedTopicsTransformation</i> <i>hasVisitedTopics</i> , <i>locationLearningTrajectoryWF</i>

Figura 1. Proceso de adaptación

A continuación se definen las transformaciones que conforman el proceso de adaptación en el mismo orden en que son aplicadas. Para cada una de ellas se describe la correspondencia existente entre la(s) característica(s) del estudiante involucrada(s) y el contenido del curso. Estas correspondencias se desprenden directamente del significado de los elementos modelados en cada una de las ontologías y las relaciones existentes entre ellos. El hecho de contar con ontologías que modelaran la realidad tanto del curso como del estudiante, favoreció enormemente la identificación de estas correspondencias debido a que fue posible trabajar a nivel de metadatos y no a nivel de instancias.

hasKnowledgeOnTransformation

El objetivo de la transformación *hasKnowledgeOnTransformation* consiste en que el curso adaptado no tenga disponibles aquellos tópicos que pertenecen a los conocimientos previos del estudiante.

Si un tópico constituye un conocimiento previo del estudiante y es definido como obligatorio por el autor del curso, el mismo deberá permanecer en el curso adaptado de manera de respetar la restricción de obligatoriedad impuesta por el autor del curso. Esta transformación toma en cuenta la característica *hasKnowledgeOn* del perfil del estudiante, la cual se refiere al conocimiento previo que posee el estudiante al momento de tomar el curso. Previo a la definición de la transformación, se establece la correspondencia existente entre dicha característica y la estructura del curso.

La característica *hasKnowledgeOn* del perfil de un estudiante, se corresponde con el objeto de aprendizaje t3pico y todas las relaciones en las que este objeto participa en la ontolog3a de curso. Ellas son: *hasPrerequisite*, *learningPath*, *isPartOf*, *isPartOf*, *supportsTo*, *isAvailableTo*. A continuaci3n se explica brevemente cada una de ellas.

La relaci3n *hasPrerequisite* vincula dos t3picos e indica que el primero de ellos tiene como prerrequisito al segundo. Un t3pico puede tener varios prerrequisitos y ser prerrequisito de varios t3picos.

La relaci3n *learningPath* vincula un t3pico con el t3pico que est3 inmediatamente antes de 3l en el desarrollo del curso. Un t3pico puede tener varios t3picos que lo anteceden y adem3s puede estar en varias relaciones *learningPath* de otros t3picos, pero no para la misma carrera. Es decir, para una misma carrera la cardinalidad de esta relaci3n es 0..1.

La relaci3n *isPartOf* vincula dos t3picos e indica que el primero es parte o subt3pico del segundo. Un t3pico puede ser parte de varios y tener varios subt3picos como parte de 3l.

La relaci3n *isPartOf* vincula un t3pico con un curso, e indica que el t3pico pertenece a dicho curso. Un curso debe estar compuesto al menos por un t3pico y t3pico debe pertenecer al menos a un curso.

La relaci3n *supportsTo* vincula un t3pico con un soporte, donde por soporte se entiende un material utilizado en el t3pico, como por ejemplo, ejercicios, ejemplos, material en la web, etc. Un t3pico puede tener varios soportes inclusive ninguno y un soporte debe pertenecer al menos a un t3pico. La relaci3n *isAvailableTo* vincula un t3pico con una carrera e indica que el t3pico est3 disponible en la carrera. Un t3pico debe pertenecer al menos a una carrera, y una carrera puede tener varios t3picos, inclusive ninguno.

Una vez identificada la correspondencia existente, se define la transformaci3n que resuelve la adaptaci3n tomando en cuenta dicha correspondencia. La transformaci3n *hasKnowledgeOnTransformation* lleva a cabo las siguientes modificaciones sobre el curso: elimina todos los t3picos no obligatorios del curso que forman parte de la caracter3stica del estudiante *hasKnowledgeOn*. La eliminaci3n de un t3pico involucra la eliminaci3n de todos aquellos objetos de aprendizaje relacionados 3nicamente con dicho t3pico, y la desvinculaci3n del t3pico con aquellos objetos que no se encuentran relacionados 3nicamente con el t3pico en cuesti3n.

En el caso que el estudiante declare tener conocimientos previos de alg3n t3pico obligatorio, esta transformaci3n no realiza ning3n cambio sobre los elementos del curso vinculados con dicho t3pico. Esto se debe a que se respeta la obligatoriedad de un t3pico asignada por el autor. A su vez, si el estudiante declara tener conocimientos previos de un t3pico no obligatorio del curso y dicho t3pico tiene un subt3pico obligatorio, la transformaci3n elimina ambos t3picos. Esto se

debe a que al eliminar un t3pico se desea que se eliminen sus subt3picos independientemente de su obligatoriedad.

Ejemplo: Este ejemplo presenta la adaptaci3n de curso para un estudiante que posee conocimientos previos de un t3pico definido como no obligatorio (Topic B en la Figura 2.1). Antes de aplicar la transformaci3n *hasKnowledgeOnTransformation*, el t3pico Topic B est3 compuesto por los t3picos Topic C y Topic D. Estos tres t3picos est3n disponibles para la carrera Matem3ticas.

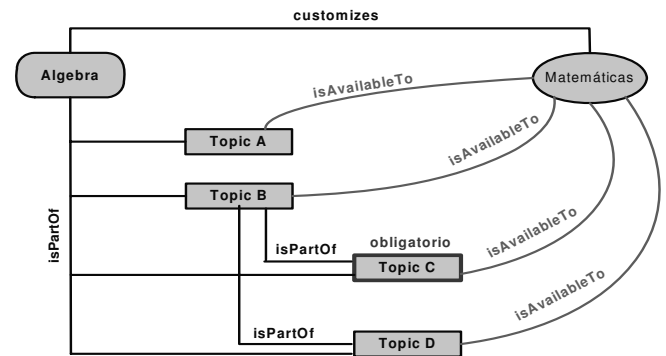


Figura 2.1. Curso previo a *hasKnowledgeOnTransformation*

Luego de aplicar la transformaci3n (Figura 2.2), el t3pico Topic B se elimina del curso 3lgebra junto con sus subt3picos Topic C y Topic D, quedando el curso conformado 3nicamente por el t3pico Topic A.

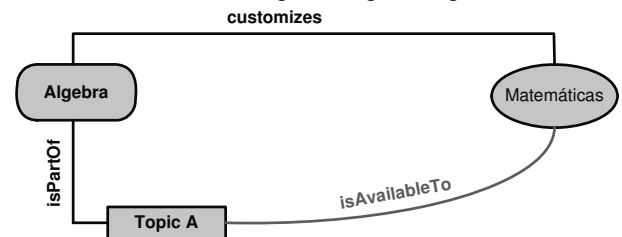


Figura 2.2. Curso luego de *hasKnowledgeOnTransformation*.

hasNetworkConnectionTransformation

El objetivo planteado por la transformaci3n *hasNetworkConnectionTransformation* establece que deber3n ser eliminados del curso todos aquellos soportes con mayor requerimiento de velocidad de conexi3n que el tolerado por la conexi3n del estudiante.

Esta transformaci3n toma en cuenta la caracter3stica *hasNetworkConnection* del perfil del estudiante, la cual describe el tipo de conexi3n que posee el mismo. El valor asociado a dicha caracter3stica permite determinar y eventualmente elegir, aquellos objetos de aprendizaje del curso cuyo requerimiento m3nimo de conexi3n sea soportado por el valor de *hasNetworkConnection*. La caracter3stica *hasNetworkConnection* del perfil de un estudiante, se

corresponde con el objeto de aprendizaje material de soporte de un curso y su requerimiento mínimo de conexión (relación *requirement* con el concepto *NetworkConnection*).

La transformación *hasNetworkConnectionTransformation* realiza la siguiente modificación sobre el curso: elimina aquellos materiales de soporte y materiales de soporte alternativos, cuyo requerimiento mínimo de conexión no sea adecuado para el tipo de conexión que posee el estudiante. Un material de soporte es adecuado (soportado o tolerado) para el tipo de conexión de un estudiante, siempre que el valor asociado a su requerimiento mínimo de conexión no sea mayor al valor asociado al tipo de conexión del estudiante.

Los valores disponibles actualmente para un tipo de conexión son: *dial-up* y *fast*, y se relacionan de la siguiente manera: *dial-up* es menor que *fast*. Los materiales de soporte alternativos de un curso se encuentran asociados únicamente mediante *isAlternativeOf* con otro material de soporte al que se llamará original. Un material de soporte original comparte con sus alternativos las siguientes propiedades: lenguaje, palabras claves, dificultad, tipo de interacción, obligatoriedad, carreras para las cuales está disponible (relación *isAvailableTo* con carrera), tópicos que soporta (relación *supportsTo* con tópico), soportes alternativos (relación *hasAlternativeOf* con material de soporte).

Del mismo modo se enumeran las propiedades que no comparte un material de soporte original con sus alternativos: autor, requerimiento mínimo de conexión, contenido, tipo de recurso de aprendizaje, contribuyentes que lo recomiendan, porcentajes (de figuras, texto, aplicabilidad, generalidad).

De este modo, en las instancias de ontología de curso, todas las propiedades que comparten los soportes originales con sus alternativas serán asignadas únicamente al soporte original, mientras que aquellas propias de cada objeto, serán asignadas de forma individual. Por lo tanto, las propiedades de un soporte alternativo serán los valores de aquellas propiedades que le fueron asignadas directamente junto con los valores asignados a aquellas propiedades que comparten con el soporte original asociado.

Si un material original no es soportado por el tipo de conexión del estudiante, entonces se realizan las siguientes modificaciones al curso: (1) Se recorren los soportes alternativos asociados al soporte original, desasociando y agrupando aquellos que sean soportados por el tipo de conexión del estudiante. (2) Se elige al azar uno de los soportes alternativos agrupados en el paso anterior. Este soporte alternativo seleccionado pasará a ocupar el lugar del original. Para ello se le asocia las siguientes relaciones del soporte original: lenguaje (*language*), palabras claves (*keyword*), dificultad (*difficulty*), tipo de interacción (*interactivityType*), obligatoriedad (*hasDegreeOfRequired*), carreras para las cuales está disponible (*isAvailableTo*) y tópicos que soporta (*supportsTo*). A su vez se le asocian como soportes alternativos (*isAlternativeOf*) aquellos que fueron desasociados del material de soporte original y que son

soportados por el tipo de conexión del estudiante. Y (3) Como último paso se elimina el soporte original.

Ejemplo: El siguiente ejemplo presenta la adaptación de un curso a un estudiante con un tipo de conexión *dial-up*, la cual no soporta a todos los materiales de soporte presentes en el curso. El tópico Topic A posee un material de soporte original con requerimiento mínimo de conexión *fast*. En la Figura 3.1 y 3.2 se muestra el antes y después de aplicar la transformación.

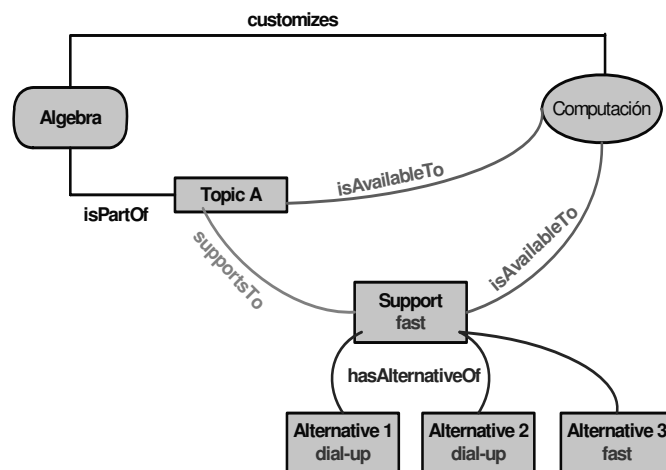


Figura 3.1. Curso antes de *hasNetworkConnectionTransformation*

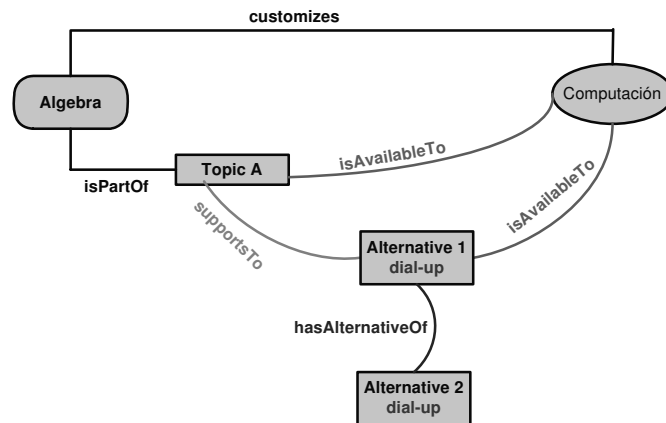


Figura 3.2. Curso luego de *hasNetworkConnectionTransformation*.

Esta transformación afecta la presentación del curso debido a que filtra alternativas para cada soporte, seleccionando los soportes tolerados por la conexión del estudiante y descartando los que no son tolerados. Estas alternativas se caracterizan por tener el mismo contenido, pero en distintos formatos o presentaciones.

hasLearningStyleTransformation

El objetivo planteado para la transformación *hasLearningStyleTransformation* consiste en ofrecer un curso adaptado, en el cual se encuentre disponible una sola versión de cada material de soporte tal que sea el que mejor se ajusta al estilo de aprendizaje del estudiante. Toma en cuenta la característica *hasLearningStyle* del perfil del estudiante, la cual se refiere al estilo de aprendizaje con que el estudiante desea abordar el curso. Los estilos de aprendizaje utilizados son [3]: holístico visual, holístico verbal, analítico visual y analítico verbal.

La característica *hasLearningStyle* del perfil de un estudiante se corresponde con los objetos de aprendizaje tópicos y material de soporte de un curso, y las propiedades que expresan porcentajes de texto, figuras, aplicabilidad y generalidad de estos objetos.

El porcentaje de aplicabilidad (*percenAplicability*) de un objeto de aprendizaje, indica el porcentaje de aplicación real de la situación presentada como ejemplo, ejercicio, etc. Es decir indica que tan real es la situación, podría tratarse de una situación ficticia con el fin de evaluar la aplicación de un concepto. El autor del curso es quien asigna este valor.

El porcentaje de generalidad (*percenGenerality*) de un objeto de aprendizaje, indica el grado de generalidad de la información presentada en el material de soporte o tópico.

El porcentaje de figuras (*percenFigures*) de un objeto de aprendizaje, indica el porcentaje de información presentada mediante figuras en un determinado material de soporte o tópico.

El porcentaje de texto (*percenTexts*) de un objeto de aprendizaje, indica el porcentaje de información presentada mediante texto en un determinado material de soporte o tópico.

La transformación *hasLearningStyleTransformation* para cada soporte del curso, recorre entre sus soportes alternativos con el fin de seleccionar aquel con mayor grado de afinidad con el estilo de aprendizaje del estudiante. En caso que el material de soporte seleccionado sea el original, se deberá remover cada una de sus alternativas desvinculándolas previamente del soporte original. En caso que el soporte seleccionado sea un soporte alternativo, se deben realizar los siguientes pasos: (1) Trasladar las relaciones del soporte original al soporte alternativo seleccionado, con excepción de las siguientes: *percenTexts*, *percenFigures*, *percenGenerality*, *percenAplicability*, *requirement*. El soporte alternativo conserva el valor de sus atributos, no adquiere los del soporte original. (2) Romper la relación *hasAlternativeOf* entre el soporte alternativo seleccionado y el soporte original; y (3) Eliminar el soporte original, lo cual implica la eliminación del resto de los soportes alternativos.

En caso de que dos soportes alternativos coincidan con el mayor grado de afinidad al estilo de aprendizaje, se selecciona la primera alternativa encontrada. En caso de que algún soporte no contenga valor asignado para algunas de las propiedades, se asume por defecto el valor medio (*percenMedium*). La afinidad de cada soporte se calcula mediante una función, la cual recibe los valores asociados a las cuatro propiedades antes mencionadas (*percenTexts*, *percenFigures*, *percenGenerality*, *percenAplicability*) junto a un estilo de aprendizaje (del estudiante), retornando el grado de afinidad dado por los siguientes valores: *percenHigh*, *percenMedium*, *percenLow*. Dicha función queda determinada por la Tabla 2 y la Tabla 3:

percenAplicability % Aplicabilidad	percenGenerality % Generalidad	Afinidad Estilo Holístico	Afinidad Estilo Analítico
Alta	Alta	Alta	Baja
	Media	Alta	Media
	Baja	Media	Media
Media	Alta	Alta	Media
	Media	Media	Media
	Baja	Media	Alta
Baja	Alta	Media	Media
	Media	Media	Alta
	Baja	Baja	Alta

Tabla 2. Niveles de afinidad para los estilos analítico y holístico

Por ejemplo, si un soporte tiene porcentajes de aplicabilidad y generalidad altos, entonces su grado de afinidad con el estilo holístico es alto y con el estilo analítico es bajo (Tabla 2, fila 1). Del mismo modo, si dicho soporte posee un porcentaje de imágenes alto y un porcentaje de texto bajo, entonces el grado de afinidad visual es alto y el grado de afinidad verbal es bajo (Tabla 3, fila 2).

percenFigures % Figuras	percenTexts % Texto	Afinidad Visual	Afinidad Verbal
Alta	Alta	Media	Media
	Baja	Alta	Baja
	Media	Alta	Media
Media	Alta	Media	Alta
	Baja	Media	Baja
	Media	Media	Media
Baja	Alta	Baja	Alta
	Media	Baja	Media
	Baja	Media	Media

Tabla 3. Niveles de afinidad para los estilos verbal y visual

Los resultados obtenidos en las Tablas 2 y 3, se combinan para obtener el resultado final de la función de afinidad según las Tablas 4 y 5.

Verbal	Holístico			
		Alta	Media	Baja
	Alta	Alta	Alta	Media
	Media	Alta	Media	Baja
	Baja	Media	Baja	Baja

Visual	Holístico			
		Alta	Media	Baja
	Alta	Alta	Alta	Media
	Media	Alta	Media	Baja
	Baja	Media	Baja	Baja

Tabla 4. Resultados posibles para el estilo Holístico

Verbal	Analítico			
		Alta	Media	Baja
	Alta	Alta	Alta	Media
	Media	Alta	Media	Baja
	Baja	Media	Baja	Baja

Tabla 5. Resultados posibles para el estilo Analítico

Esta transformación afecta la presentación del curso debido a que selecciona una única alternativa para cada soporte del curso adaptado. Las alternativas de un soporte se caracterizan por tener el mismo contenido en distintos formatos o presentaciones. Cada uno de ellos se ajustan en menor o mayor medida a los estilos de aprendizaje.

Del mismo modo, se calcula la afinidad para todos los tópicos del curso teniendo en cuenta que para estos no existen alternativas. El objetivo de este cálculo es determinar el grado de afinidad de cada tópico, y tomar en cuenta este valor al momento de evaluar la calidad de la adaptación.

wantsTutorialTransformation

El objetivo de la transformación *wantsTutorialTransformation* depende de si el estudiante desea o no ser guiado. En caso de ser guiado, el contenido del curso se debe desplegar tópico a tópico según el orden definido por el autor al momento de crear el curso (relación *learningPath* entre tópicos). El criterio que permite al estudiante pasar del tópico actual al siguiente, es que el tópico actual haya sido aprobado. El curso adaptado debe mostrar habilitados solamente aquellos tópicos que se encuentran en el camino hacia el primer tópico no aprobado, recorriendo la estructura del curso mediante la relación *learningPath* entre tópicos. El estudiante podrá navegar libremente solamente entre los tópicos habilitados.

En caso que el estudiante no desee ser guiado, el curso adaptado debe mostrar habilitados el conjunto de tópicos en su totalidad, dejando a criterio del estudiante el orden de navegación del mismo.

Esta transformación abarca las características del perfil del estudiante *wantsTutorial* y *hasApprovedTopics* del perfil del estudiante. La característica *wantsTutorial* indica si el estudiante desea o no ser guiado en la ejecución del curso. La característica *hasApprovedTopics* permite representar el conjunto de tópicos del curso aprobados por el estudiante.

La característica *wantsTutorial* no se encuentra en correspondencia con ninguno de los elementos de la estructura del curso. Mientras que la característica *hasApprovedTopics* se corresponde con el objeto de aprendizaje tópico. Si bien se logra identificar una correspondencia para esta última característica, la transformación *wantsTutorialTransformation* no realiza ninguna modificación a nivel de estructura del curso. Ambas características conducen a la adaptación del curso a nivel de presentación.

La transformación *wantsTutorialTransformation* adapta la presentación del curso de acuerdo a si el estudiante desea o no ser guiado. En caso que el estudiante no quiere ser guiado, se muestran habilitados todos los tópicos pertenecientes al curso. En caso que quiera ser guiado, se recorren los tópicos del curso según la relación *learningPath*, y para cada tópico y sus subtópicos verifica si los mismos se encuentran aprobados. Mientras no se encuentre un tópico no aprobado, se continúa con este proceso marcando los mismos como habilitados. Al encontrar el primer tópico no aprobado, se lo marca como habilitado y se detiene el recorrido.

Ejemplo: En este ejemplo se muestra la adaptación de un curso a un estudiante que desea ser guiado. La Figura 4 presenta el curso compuesto por seis tópicos de los cuales tres fueron aprobados por el estudiante (Topic A, Topic A1, y Topic B).

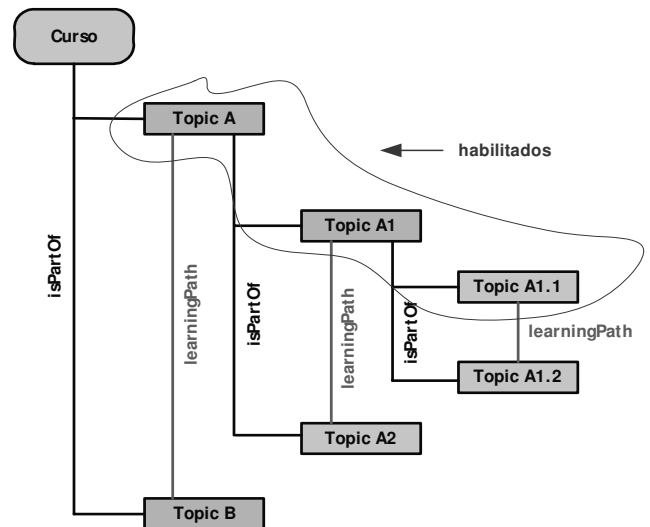


Figura 4. Curso para *wantsTutorialTransformation*

Independientemente de que el estudiante defina ser guiado o no, luego de aplicar la transformación se muestran aprobados todos los tópicos que figuran como aprobados según la característica *hasApprovedTopics* del perfil del estudiante. Los tópicos que se mostrarán habilitados son los que se marcan en la Figura 4.

Una descripción detallada acerca de la característica en cuestión, se encuentra en el Anexo C – “Documento de Requerimientos” del documento [5].

CALIDAD DEL PROCESO DE ADAPTACIÓN

La calidad del proceso de adaptación se estudia en dos contextos. (I) **Satisfacción del estudiante.** El contexto se compone del curso junto al perfil del estudiante. En este caso, la calidad se define como el nivel de satisfacción del estudiante de acuerdo al curso adaptado que obtiene. Es decir, la calidad mide que tanto se adaptó el curso al perfil del estudiante. Por lo tanto es la calidad que percibe el estudiante. (II) **Calidad del curso.** Se evalúa la calidad del curso adaptado sin tener en cuenta la percepción del estudiante. Se tienen en cuenta solamente las características del curso adaptado, comparándolas antes y después de realizar la adaptación.

Ejemplo: Explicación de los Contextos de la Calidad

Dado un tópico de un curso este podrá o no ser obligatorio de acuerdo a la decisión que haya tomado el autor al momento de la creación del curso. Si los tópicos que el estudiante declara tener como conocimiento previo también han sido determinados como obligatorios por el autor del curso, estos no serán eliminados por la transformación *hasKnowledgeOn*, debido a que prima la obligatoriedad de los tópicos por sobre los conocimientos previos del estudiante.

El objetivo de la transformación es evitar que el estudiante deba cursar tópicos de los cuales ya tiene conocimiento. Es decir, el nivel de satisfacción del estudiante sería óptimo si obtuviese un curso adaptado que no contenga estos tópicos en cuestión.

Para este caso puntual, la *calidad del curso* no se altera debido a que no existe acción sobre el mismo, de manera que el curso no sufre modificación alguna respecto al curso original. En cambio, la calidad del proceso de adaptación se ve afectada ya que el estudiante recibe un curso adaptado que no se adapta completamente a su perfil. El estudiante no obtiene el curso que esperaba recibir y por lo tanto su nivel de satisfacción respecto a la adaptación no es el óptimo.

Cálculo de la Calidad del Curso

Para realizar el cálculo de la *calidad del curso* se asume arbitrariamente que el curso original tiene una calidad de 100%, ya que posee la estructuración y contenido que el autor definió. La *calidad del curso* no puede aumentar. O bien se mantiene, o bien se decrementa. El primer caso sucede cuando el curso original es conservado a lo largo de la adaptación y por lo tanto, el estudiante obtiene como resultado un curso adaptado idéntico al original.

El segundo caso sucede cuando a lo largo de la adaptación, alguna transformación modifica la estructura del curso original, y por lo tanto, el estudiante obtiene como resultado un curso adaptado diferente al original.

El valor en que se decrementa la calidad de un curso, es el resultado de la aplicación de cada transformación y las modificaciones que la misma efectúa sobre el curso original.

Este procedimiento, en el que la *calidad del curso* es tratada entre las distintas transformaciones, hace que el orden de aplicación de las transformaciones influya sobre el valor final de la *calidad del curso*. Este punto es aclarado tomando las transformaciones *hasNetworkConnection* y luego *has-LearningStyle* como ejemplo.

Ejemplo: Influencia del orden de ejecución de las etapas

Se supone que el curso a adaptar posee cierto tópico T1 para el cual existen tres materiales S1, S2 y S3 y que el estudiante tiene un tipo de conexión *dial-up*. Además, S1 tiene afinidad Alta con el estilo de aprendizaje del estudiante y un tipo de conexión *fast*. S2 tiene afinidad Alta con el estilo de aprendizaje del estudiante y un tipo de conexión *dial-up*. S3 tiene afinidad Media con el estilo de aprendizaje del estudiante y un tipo de conexión *dial-up*.

Se supone que se aplica primero *hasLearningStyle*. El soporte elegido para permanecer en el curso adaptado es S1 (podría ser S2 también, ya que esta elección es hecha al azar.) Luego, al aplicar *hasNetworkConnection*, se detecta que el soporte seleccionado en la etapa anterior posee un requerimiento de conexión no soportado por el estudiante, lo que provoca su eliminación, dejando al tópico T1 sin soportes asociados.

Ahora se considera el caso contrario, primero se aplica *hasNetworkConnection*, los soportes elegidos son S2 y S3. Luego, al aplicar *hasLearningStyle*, se elige S2 para permanecer asociado al tópico T1, por ser el soporte que tiene un valor de afinidad más elevado entre S2 y S3.

Respecto a la medición de la *calidad del curso*, se puede decir que la misma varía dependiendo del caso que se haya ejecutado. Esto se debe a que las propiedades de cada uno de los soportes no tienen porque ser idénticas. En particular, las relaciones que mantienen los soportes con otros objetos de aprendizaje del curso y que son quebradas al momento de la eliminación de uno u otro, afectan en gran medida al valor de la calidad del curso. Por otra parte, la obtención como resultado de la adaptación de un curso con más o con menos soportes, también influye sobre el valor de la calidad del curso. Para el ejemplo, en el primer caso se obtienen menos soportes (menor calidad) que en el segundo caso.

Un estudio detallado sobre los indicadores y su influencia en el valor de calidad, se puede encontrar en el Anexo F – “Análisis de la Calidad” de [5].

Respecto a la medición de la *calidad del proceso de adaptación*, se puede decir que en este caso no se ve afectada. Para estas transformaciones los objetivos son: brindar un curso en el que todos los soportes tengan afinidad Alta

respecto al estilo de aprendizaje del estudiante y en el que todos los soportes tengan como requerimiento de conexión un valor que sea tolerado por el tipo conexión del estudiante. Los objetivos se cumplen en cualquiera de los casos descritos en el ejemplo.

Indicadores para el Cálculo de la Calidad del Curso

En la Tabla 6, se detallan los indicadores utilizados para calcular la *calidad del curso*, señalando en qué transformaciones se utilizan.

Indicador	Etapas
Cantidad de Tópicos del Curso	hasKnowledgeOn, hasLearningGoal
Cantidad de Materiales de Soporte del curso	hasKnowledgeOn, hasLearningGoal, hasNetworkConnection, hasLearningStyle
Cantidad de Careras para las que está disponible cierto Tópico	hasLearningGoal
Cantidad de Careras para las que está disponible cierto Material de Soporte	hasLearningGoal
Cantidad de Tópicos para los que está disponible cierto Material de Soporte	hasLearningGoal

Tabla 6. Indicadores utilizados para calcular la Calidad del Curso

Para un cierto indicador, se deben comparar los valores obtenidos al principio y al final de la etapa y calcular el *porcentaje de variación*. Este porcentaje de variación, junto con otro valor al que llamamos *pérdida de la calidad*, son utilizados para calcular cuánto afecta a la *calidad del curso* la variación en este indicador.

La *pérdida de la calidad* es un valor que indica cuánto afecta a la *calidad del curso* una pérdida del 100% del valor del indicador que se está midiendo. A primera vista, la configuración del valor de *pérdida de la calidad* puede no resultar intuitivo para el usuario. Sin embargo, la siguiente forma de pensar puede facilitar la tarea: Tomando como ejemplo el indicador Cantidad de Tópicos del Curso, el valor que debe asignarse a la *pérdida de calidad* es el porcentaje que el usuario considere que puede afectar a la *calidad del curso* si en 100 tópicos que componen dicho curso, se eliminaran los 100 tópicos. Mediante una regla de tres entre los valores de variación y *pérdida de la calidad* para el indicador, se obtiene la *pérdida de calidad del curso* debida al indicador que considerado. Este valor puede ser configurado siguiendo el mecanismo indicado en Anexo O – “Manual Técnico” de [5].

Calidad del Proceso de Adaptación

El procedimiento a seguir para realizar el cálculo de la *calidad del proceso de adaptación* es similar al utilizado para el cálculo de la *calidad del curso*, a pesar de que se mide algo radicalmente distinto. La medición de la *calidad del proceso de adaptación* implica medir la satisfacción del estudiante con el curso adaptado. Para comprender la forma en que se

realiza la medición de la *calidad del proceso de adaptación* se considera un ejemplo similar al colocado en la sección anterior.

Ejemplo: Calidad del proceso de adaptación

Se toma la transformación *hasKnowledgeOnTransformation*, y se supone que el curso original posee 3 tópicos A, B y C para los cuales el estudiante declara tener conocimiento previo. Por otra parte, el autor del curso define el tópico A como obligatorio. La transformación elimina los tópicos B y C y mantiene el tópico A. El estudiante no obtiene un curso adaptado tal como esperaba, o sea, un curso adaptado sin los tópicos A, B y C. Esto hace que la *satisfacción del usuario* no se preserve.

Los indicadores que se utilizan para realizar el cálculo varían según la transformación que se esté considerando. El propósito de estos indicadores es establecer un porcentaje que muestre el valor de la calidad perdida y, poder cuantificar el nivel de satisfacción del estudiante para con el curso adaptado. Algunos de los indicadores utilizados para cada transformación son:

hasKnowledgeOnTransformation: Porcentaje de tópicos del curso adaptado incluidos en el conocimiento previo del estudiante. Si este porcentaje es mayor que 0, el estudiante obtiene un curso con un conjunto de tópicos de los que posee el conocimiento provisto en ellos. La inclusión de dichos tópicos en el curso adaptado, obligan al estudiante a cursarlos. Por lo tanto, la adaptación no lo satisface en un 100%.

hasNetworkConnectionTransformation: Porcentaje de elementos del curso adaptado (soportes y tópicos) cuyo requerimiento mínimo de conexión es un valor no tolerado por el tipo de conexión del estudiante. Si este porcentaje es mayor que 0, entonces el estudiante obtiene un conjunto de elementos que no se ajustan al tipo de conexión que tiene, dificultando así el cursado de dichos elementos. Por lo tanto, la adaptación no lo satisface en un 100%.

hasLearningStyleTransformation: Porcentaje de elementos del curso adaptado (soportes y tópicos) cuyo grado de afinidad con el estilo de aprendizaje del estudiante no es alto. Si este porcentaje es mayor que 0, entonces el estudiante obtiene un curso con un conjunto de elementos que no se ajustan a su estilo de aprendizaje. Por lo tanto, la adaptación no lo satisface en un 100%.

wantsTutorialTransformation: Si la característica *wantsTutorial* del perfil del estudiante indica que el estudiante no quiere ser guiado, entonces se define el indicador como el porcentaje de tópicos del curso adaptado que se muestran deshabilitados. Si la característica *wantsTutorial* del perfil del estudiante indica que el estudiante quiere ser guiado, entonces se define el indicador como el porcentaje de tópicos no aprobados del curso adaptado que se muestran

deshabilitados (excluyendo el t3pico actual que est3 cursando el estudiante).

Mediante la utilizaci3n de los indicadores registrados es que se logra determinar los elementos que causan insatisfacci3n en el estudiante y su influencia en el valor de la *calidad del proceso de adaptaci3n*.

A diferencia del procedimiento para medir la *calidad del curso*, donde el c3lculo de cada uno de los indicadores se realiza al final de cada etapa, el procedimiento de medici3n para la *calidad del proceso de adaptaci3n* puede diferirse hasta el final de dicho proceso. Esto se debe a la propia definici3n de los indicadores. No es necesario tener en cuenta el curso original, sino que basta con analizar el perfil del estudiante y el curso resultante de la adaptaci3n. Este aspecto es aprovechado para implementar un sistema de definici3n y medici3n de indicadores lo m3s extensible y gen3rico posible. Todo nuevo indicador que se desee registrar en el Sistema, debe estar representado mediante una clase que implemente cierta interfaz com3n a todos los indicadores utilizados para realizar la medici3n de la *calidad del proceso*. Esta clase debe proveer la implementaci3n de los m3todos que son aplicados al final de proceso y encapsulan la l3gica necesaria para realizar la medici3n de la calidad seg3n el nuevo indicador registrado.

A continuaci3n se brinda un ejemplo en el que se consideraran3n 3nicamente las etapas correspondientes a las transformaciones `hasKnowledgeOn` y `hasLearningStyle`. Se utiliza el concepto de *perdida de la calidad* tal como se utiliz3 en el procedimiento para calcular la *calidad del curso*

Ejemplo: Utilizaci3n de los indicadores para medir la calidad del proceso de adaptaci3n

Se supone que el curso original posee 20 t3picos y 30 soportes. El perfil de estudiante indica que tiene conocimiento previo de 10 t3picos que componen el curso. De estos 10 t3picos, 2 han sido definidos como obligatorios por el creador del curso, por lo tanto no se eliminar3n del curso adaptado.

Transformaci3n: `hasKnowledgeOn`

Indicador: Porcentaje de t3picos que pertenecen al conocimiento previo del estudiante y pertenecen el curso adaptado.

Valor del indicador: 20% (2 t3picos en 10 posibles)

Perdida de la calidad: 50%

Mediante una regla de tres entre los valores de variaci3n y *perdida de la calidad* para el indicador, se obtiene la *perdida de calidad del proceso* para la etapa `hasKnowledgeOn`: $(50\% * 20\%) / 100 = 10\%$

Por lo tanto se obtiene que $Q_{Etapa} [\text{hasKnowledgeOn}] = 100\% - 10\% = 90\%$

Para la pr3xima transformaci3n del proceso de adaptaci3n, se debe considerar como entrada $Q_{Etapa} [\text{hasKnowledgeOn}]$ y se debe realizar el mismo procedimiento que el descrito en las

l3neas anteriores, considerando solo los indicadores que influyen en la etapa en cuesti3n.

Supongamos que de los 20 t3picos del curso original, existen 15 t3picos que tienen afinidad alta con el estilo de aprendizaje del estudiante (que debe estar indicado en su perfil). Tambi3n suponemos que el curso tiene 30 soportes. De estos soportes, existen 20 que tienen afinidad alta, 4 que no tiene afinidad alta, pero al considerar sus alternativos se obtiene afinidad alta (esto no implica una p3rdida de calidad) y los restantes 6 con los que no se consigue afinidad alta, ni a3n considerando sus alternativos. De estos 3ltimos 6, existen 3 con los que el mayor nivel de afinidad que se obtiene es media y con los restantes 3 el mayor nivel que puede obtenerse es baja.

Para esta etapa, el decremento de la calidad est3 relacionado directamente con los valores devueltos por la funci3n de afinidad para cada elemento del curso. La forma de cuantificar este decremento es mediante la suma de los elementos del curso para los que no se obtiene un valor de afinidad alta, pero no debe decrementarse la calidad de la misma manera en todos los casos.

El valor en que se decrementa la *calidad del proceso de adaptaci3n* depende del valor de afinidad obtenido para cada elemento del curso adaptado y es configurable. Debe configurarse la p3rdida de calidad para los casos Alta – Media y Alta – Baja.

La naturaleza del elemento del curso que se est3 considerando no influye en el c3lculo de la p3rdida de la *calidad del proceso de adaptaci3n*. Es decir, los soportes y los t3picos tienen el mismo peso sobre la p3rdida de calidad. No es necesario diferenciar los casos en que se trate de uno u otro.

Etapas o Transformaci3n: `hasLearningStyle`

Indicador: Porcentaje de elementos (soportes y t3picos) del curso adaptado que no tienen grado de afinidad alta con el estilo de aprendizaje del estudiante.

Perdida de la calidad Alta – Media: 10%

Perdida de la calidad Alta – Baja: 20%

Valor del indicador Alta – Media: 10% (3 t3picos en 30 posibles)

Valor del indicador Alta – Baja: 10% (3 t3picos en 30 posibles)

Mediante una regla de tres entre los valores de cada indicador y la *perdida de la calidad*, se obtienen los siguientes valores:

Decremento de la *calidad del proceso* debido a discordancia Alta – Media: $(10\% * 10\%) / 100 = 10\%$

Decremento de la *calidad del proceso* debido a discordancia Alta – Baja: $(10\% * 20\%) / 100 = 20\%$

La suma de los decrementos indica que la p3rdida de *calidad del proceso* para la etapa `hasLearningStyle` es $(10\% * 20\%) = 30\%$

Por lo tanto se obtiene que $Q_{Etapa} [\text{hasLearningStyle}] = 90\% - 30\% = 60\%$.

PROTOTIPO

La versión actual del Sistema permite adaptar en forma automática, la estructura y presentación del contenido de un curso a características presentes en el perfil de un estudiante. Mediante la aplicación de una metodología parametrizable y configurable, permite llevar a cabo la medición de la calidad tanto del proceso de adaptación como del curso adaptado. Esta metodología es configurable porque se pueden seleccionar qué factores o criterios utilizar para realizar la medición, y es parametrizable debido a que se puede establecer la influencia de los factores seleccionados.

Las características tomadas en cuenta para la adaptación son *hasLearningGoal*, *hasknowledgeOn*, *hasNetworkConnection*, *hasLearningStyle*, *wantsTutorial*, *locationLearningTrajectoryWF*, *hasVisitedTopics*, y *hasApprovedTopics*.

La arquitectura de este Sistema está organizada siguiendo un estilo de capas puro. Las capas que la conforman son las siguientes: Capa de Presentación y Capa Lógica.

Se utiliza un estilo de capas puro debido a que cada capa se comporta como cliente solamente de la capa que está inmediatamente por debajo de ella.

La Capa Lógica tiene como objetivo brindar todas las funcionalidades necesarias para cumplir todos y cada uno de los requerimientos del Sistema, mientras que la Capa de Presentación tiene por objetivo ofrecer al usuario final la funcionalidad ofrecida por la Capa Lógica.

A nivel de la Capa Lógica pueden distinguirse dos subcapas que cumplen funciones distintas. Las dos subcapas existentes son: Reglas del Negocio y Servicios del Sistema.

La *subcapa de Reglas del Negocio* utiliza una metodología de desarrollo basada en componentes. Esta capa encapsula la lógica del Sistema, por lo que concentra los conceptos principales del modelo de dominio del problema.

La *subcapa de Servicios del Sistema* constituye el punto de entrada a la lógica del Sistema. Esta subcapa actúa como intermediaria entre la Capa de Presentación y la subcapa Reglas del Negocio, y como tal es responsable de: recibir peticiones del nivel de presentación, interactuar con la subcapa de Reglas del Negocio y enviar el resultado brindado por la subcapa de Reglas del Negocio a la Capa de Presentación.

Para la subcapa Servicios del Sistema, se ofrecen dos opciones: una Interfaz Web y un WebService.

La Interfaz Web tiene por objetivo unificar y estandarizar la utilización del Sistema, en particular en el lanzamiento del proceso de adaptación y el acceso a la subcapa de Reglas del Negocio vía web. Para cumplir con esta finalidad y a los efectos de que posibles cambios en la lógica del Sistema sean transparentes para los clientes, se construye un wrapper.

La segunda opción de la subcapa de Servicios del Sistema, ofrece la posibilidad de que el Sistema pueda integrarse e

interactuar con otros Sistemas de forma transparente y sencilla. Esto se logra mediante la implementación de un Web Service.

Decisiones de Implementación

Para la implementación de las ontologías del contenido del curso y el perfil del estudiante, se utilizó el Framework Jena. El mismo se encuentra implementado en Java y ofrece un ambiente de programación para el manejo de ontologías.

Restricciones de las Ontologías

Uno de los aspectos determinantes en la solución propuesta en este trabajo, es el uso de las ontologías que describen el contenido del curso y el perfil del estudiante.

La ontología de curso permite modelar contenidos de cursos con estructuras muy variadas. En esta primera versión del Sistema se definieron algunas restricciones sobre esta ontología, limitando así el conjunto de cursos que pueden ser adaptados por el Sistema. Por lo tanto, estos cursos deberán respetar además de la ontología, las restricciones establecidas por el Sistema sobre la ontología.

Las restricciones definidas sobre la ontología de contenido de curso, se encuentran detalladas en el Anexo A – “Análisis de la Ontología de Curso” del documento [5] Del mismo modo, para la ontología del estudiante fueron definidas restricciones, que pueden encontrarse en el Anexo B – “Análisis de la Ontología de Estudiante” [5].

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se considera importante el aporte realizado por este trabajo relativo al tema calidad. No existían a priori elementos definidos sobre los cuales establecer un punto de partida, por lo cual fue necesario llevar a cabo un análisis exhaustivo que permitiera sentar las bases para el abordaje de este tema. De este modo, se logró definir una metodología para medir la calidad.

Una limitación que puede encontrar el usuario (técnico) que desee utilizar el Sistema, es el nivel de conocimientos técnicos requeridos para poder ajustar a sus necesidades. El mismo deberá conocer varios aspectos de manera de comprender la incidencia que tiene el orden de aplicación de las transformaciones tanto en el curso obtenido como en la calidad resultante. Esto se debe a que el Sistema deja al usuario como responsable exclusivo de determinar el orden de aplicación, y por lo tanto, también es el usuario el responsable de los resultados obtenidos en el proceso de adaptación. Igualmente, se cree que la configuración inicial del Sistema es razonable, en el sentido de que el orden predeterminado de aplicación de las transformaciones brinda resultados óptimos para las transformaciones registradas actualmente en el Sistema.

Entre las dificultades destacables enfrentadas por el grupo de desarrollo, se encuentra la generación de los casos de prueba para llevar a cabo la verificación del Sistema. Esta dificultad

se logró resolver mediante la creación de una herramienta de generación automática de casos de prueba. Si bien esto implicó volcar los esfuerzos en un área no esperada, contribuyó a acelerar y mejorar la tarea de testeó.

A partir del trabajo realizado se pueden identificar varias áreas de trabajo a futuro.

En una primer área se encuentran las posibles tareas de mejora sobre el análisis, medición y estudio de la calidad, tanto la *calidad del curso* (Qc) así como la *calidad del proceso de adaptación*. (Qe) Las tareas que se distinguen son:

- Identificar más indicadores. Para la *calidad del curso*, estos nuevos indicadores pueden ser utilizados para reflejar la pérdida de relaciones y elementos en el curso original. Para la *calidad del proceso de adaptación*, los nuevos indicadores pueden ser utilizados para medir aspectos que no son tenidos en cuenta actualmente.
- Implementar el proceso de adaptación de manera de lograr interactividad con el usuario. Una propuesta es que se pueda elegir si aplicar cierta transformación o no, dependiendo de la medida de calidad que se obtendría en caso de aplicarla. Otra posibilidad es brindar al usuario la posibilidad de deshacer la aplicación de una transformación.
- Para la calidad del curso en particular:
- Realizar un estudio más genérico, en el que el usuario técnico pueda definir sus propios indicadores y la manera de medirlos.
- Definir algún criterio que permita medir la calidad del curso original. De esta forma se podría eliminar la suposición de que el creador construye en todos los casos un curso con 100% de calidad
En una segunda área se encuentran las posibles tareas de mejora sobre el proceso de adaptación y las transformaciones que lo conforman:
- Definir nuevos requerimientos de manera de lograr una mejor adaptación del curso al perfil del estudiante, teniendo en cuenta las ontologías actuales.
- Definir características que modelen nuevos aspectos del perfil del estudiante, dando lugar a nuevas transformaciones que permitan mejorar el resultado obtenido.
- Fusionar las transformaciones correspondientes a las características del estudiante `hasLearningStyle` y `hasNetworkConnection`, para lograr mayor eficiencia en el proceso de adaptación, aprovechando que ambas transformaciones evalúan los mismos objetos de aprendizaje.
- Medir la eficiencia del proceso de adaptación, para detectar posibles mejoras del rendimiento del Sistema.

En una tercera área se encuentran las posibles tareas de mejora sobre la implementación inicial del prototipo.

En la cuarta y última área se encuentran las posibles tareas de mejora sobre las ontologías con las que trabaja el Sistema. En particular, se cree que eliminar ciertas restricciones impuestas sobre las ontologías, brindarían un mayor poder expresivo a las mismas, logrando modelar situaciones y casos que actualmente no se contemplan.

Una descripción detallada sobre las restricciones impuestas sobre las ontologías de curso y estudiante pueden verse en los Anexos A – “Análisis de la Ontología de Curso” y B – “Análisis de la Ontología de Estudiante” [5].

REFERENCES

- [1] Ontología de estudiante. Proyecto Tapejara. Grupo EAD e Adaptabilidad. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
<http://www.inf.ufrgs.br/~tapejara/Ontology/Student.daml>
- [2] Ontología de curso. Proyecto Tapejara. Grupo EAD e Adaptabilidad. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
<http://www.inf.ufrgs.br/~tapejara/Ontology/Generated/AWOntology.daml>.
- [3] Bloom et al., 1956 *Bloom's Taxonomy of the Cognitive Domain*.
- [4] CYTED-SOLITE: Software Libre en Teleformación.
<http://remo.det.uvigo.es/solite/>
- [5] R. Motz, M. Panario, G. Signorele, F. Sorribas. Nivel de Calidad de la Adaptación de Cursos en Ambientes de Aprendizaje Electrónico. Informe final de proyecto. Instituto de Computación. Universidad de la República.
- [6] Michael K. Smith. Chris Welty. Deborah L. McGuinness. OWL Web Ontology Language Guide. Publicado en World Wide Web Consortium (W3C) como una recomendación. <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>.
- [7] JARDIN: Just an Assistant foR instructional Design
<http://www.laccir.org/laccir/ResearchProjects/tabid/68/Default.aspx>
- [8] JENA Documentación de Jena. Publicado en Jena – A Semantic Web Framework for Java.
<http://jena.sourceforge.net/documentation.html>.
- [9] OWL Editor Protégé - <http://protege.stanford.edu/>
- [10] Motz R., Badell C, Barrosa M., Sum R La Extracción de Objetos Digitales de Aprendizaje con Metadatos, X Simposio Internacional de Informática Educativa, 2008