

Plataforma para la estructuración de cursos adaptativos basado en los Estilos de Aprendizaje Activo, Reflexivo, Teórico y Pragmático utilizando técnicas de Inteligencia Artificial.

Carolina Palacios^a, Alex Padilla^{a1}, Manuel Córdova^{a2}

^a Carrera de Ingeniería en Sistemas, Universidad Nacional de Loja, la Argelia Loja Ecuador
cepalaciosm@unl.edu.ec, avpadilla@unl.edu.ec, manuel.cordova@unl.edu.ec

Resumen. Se presenta el desarrollo de una Plataforma para la estructuración de cursos adaptativos basado en los estilos de aprendizaje activo, reflexivo, teórico y pragmático utilizando técnicas de Inteligencia Artificial. Para el logro del mismo se siguió las siguientes fases: Búsqueda, análisis y clasificación de la información acerca del proceso de generación de contenidos para cursos, Análisis y codificación del componente de software para generación de contenidos de acuerdo a los estilos de aprendizaje y Pruebas de validación y aceptación. La principal aportación en este artículo, es el desarrollo de un modelo utilizando redes neuronales y la integración del mismo en un servidor de aplicaciones para la determinación de los contenidos que le corresponden a los estilos de aprendizaje activo, reflexivo, teórico y pragmático.

Palabras Clave: Inteligencia Artificial, Redes Neuronales, Estilos de aprendizaje.

1. Introducción

Una de las características deseables de una educación es que todos los estudiantes pueden aprender a pesar de sus diferentes estilos de aprendizaje, definiéndose como un conjunto de estrategias que consiste en dirigir sus preferencias a ciertos recursos académicos tales como: videos, texto, imágenes, entre otros [1]. Para dar cumplimiento a lo explicado anteriormente, es de vital importancia disponer de cursos adaptativos basado en los estilos de aprendizaje de cada estudiante.

Bajo estas referencias, éste estudio se enfoca en una Plataforma para la estructuración de cursos adaptativos basado en los estilos de aprendizaje activo, teórico, reflexivo y pragmático utilizando técnicas de inteligencia artificial, con el fin de colaborar con docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Loja en el Área de la Energía, Las Industrias y Los Recursos Naturales no Renovables de la carrera de Ingeniería en Sistemas.

Para el desarrollo de la propuesta, se empezó con un análisis de los métodos y test para la determinación de los estilos de aprendizaje de los estudiantes. Una vez realizado el estudio se seleccionó el test de Honey-Alonso, debido a que fue el más idóneo de acuerdo a las investigaciones realizadas con 1371 alumnos de diferentes facultades de las Universidades Complutense y Politécnica de Madrid [2]. Proponiendo una mejora en la post evaluación de los resultados de dicho test se insertó una comparati-

va adicional de los resultados del mismo con estrategias vinculadas a los diferentes estilos de aprendizaje.

A continuación, se realizó un estudio de las diversas técnicas de inteligencia artificial, en el que se evidenció que las redes neuronales es una solución factible para éste tipo de problemas [3] [4]. Luego de elegir la técnica de inteligencia artificial, se dio paso al desarrollo de una base de conocimiento basada en palabras claves e identificativos de cada uno de los estilos de aprendizaje.

Luego se recolectó los requerimientos y casos de uso en cuanto a la administración de estudiantes y cursos en los que serán incluidos los contenidos, una vez realizado lo anteriormente descrito se procedió a realizar el diseño del modelo para la predicción de los cursos adaptativos de acuerdo a los estilos de aprendizaje en la plataforma.

Por último, se procedió a implementar un servicio en el servidor de aplicaciones de la plataforma para el framework weka y así lograr la identificación de cada uno de los contenidos de un curso especializado para cada estudiante que la utilice. Para monitorear y validar su funcionamiento se ejecutó las pruebas correspondientes con estudiantes de tercer ciclo de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional de Loja.

2. Trabajos relacionados

De las referencias revisadas los sistemas más relevantes y que han servido como base para la aplicación son:

Adaptación de las Plataformas E-Learning a los Estilos de Aprendizaje utilizando Sistemas: El presente trabajo se centra en la implementación de multiagentes inteligentes en escenarios virtuales de aprendizaje, con el objeto de ser flexibles y adaptativos, la plataforma elegida como prueba piloto para la realización de la misma es Moodle. En la arquitectura implementada, la plataforma Moodle mediante su base de datos, se comunica con la arquitectura diseñada de agentes inteligentes. Cada agente cumple con un objetivo específico de adaptación y flexibilidad. Los módulos del sistema adaptativo suministran las actividades sugeridas en respuesta a una petición del usuario de acuerdo con el estilo de aprendizaje de los estudiantes basados en el índice de estilo de aprendizaje de Felder y Silverman [5].

Sistemas E-Learning Inteligentes: el desarrollo de este sistema multiagente tiene por objetivo proporcionar adaptatividad a las plataformas educativas soportadas por web. Una de las bases para la adaptatividad de estos sistemas, pueden ser los estilos de aprendizaje de los estudiantes que permitirán ofrecer unidades docentes personalizadas. Para esto, considera los formatos para la presentación de los materiales didácticos, las estrategias instruccionales que sean idóneas para la explicación de determinada situación, las herramientas de navegación apropiadas para un movimiento confortable a través de los contenidos y las estrategias de navegación que permitan avanzar en el descubrimiento de contenidos con base en el progreso del estudiante [6].

3. Materiales y métodos

La implementación del modelo de la Red Neuronal para la creación de cursos adaptativos de acuerdo al Estilo de Aprendizaje (Activo, Reflexivo, Teórico y Pragmático) de cada estudiante se realizó a través del entorno de programación JAVA, JAVAScript, Java Server Faces y MySQL, integrando todo el funcionamiento en un bloque de manera que sea ejecutado en una plataforma web basada en JAVA.

Metodología de investigación. La metodología está basada en 3 fases descritas a continuación:

Fase 1: Búsqueda, análisis y clasificación de la información acerca del proceso de generación de contenidos para cursos.

Es la fase inicial de la investigación la cual consistió en una búsqueda bibliográfica de estudios de la misma naturaleza en cuanto a la generación inteligente para los contenidos de los cursos. Una vez realizada esta investigación, con respecto a la generación de contenidos de acuerdo a estilos de aprendizaje, se procede a seleccionar aquel que nos ofrezca los mejores resultados. Finalmente, se seleccionó un test que nos permitió determinar el estilo de aprendizaje de cada estudiante quedando como tal el test de Honey Alonso. En la post evaluación de los resultados que arroja dicho test, se realizó una mejora, insertando una comparativa adicional de los resultados del mismo con las estrategias vinculadas a los diferentes estilos de aprendizaje.

Fase 2: Análisis y codificación del componente de software para generación de contenidos de acuerdo a los estilos de aprendizaje.

En esta etapa se analizó y determinó los requerimientos funcionales de este componente basados en la forma de calificación y los componentes necesarios sugeridos por el test de CHAEA-ALONSO [7]. Se procedió a modelarlo y programarlo; adicionalmente se integró la mejora en los resultados obtenidos por dicho test mediante la comparativa de las preferencias en cuanto a estrategias individuales de cada estudiante. Para la elaboración de cursos se seleccionó un tema de una materia de la carrera de Ingeniería en Sistemas, delimitando su contenido. Además, se recolectó los requerimientos y casos de uso en cuanto a la administración de estudiantes y cursos en los que serán incluidos dichos contenidos. Una vez realizado lo anteriormente descrito se utilizó una Red Neuronal para diseñar el modelo para la predicción de los cursos adaptativos de acuerdo a los estilos de aprendizaje en la plataforma. Finalmente se integró todos los componentes en una plataforma Web la misma que tiene como entorno de ejecución un servidor de aplicaciones que provee los servicios de orígenes de datos, servicios web, soporte a la implementación de la red neuronal, se desarrolla los entornos administrativos para docentes y administradores de la plataforma, así como también un área para los cursos adaptativos al estilo de aprendizaje de los estudiantes.

Fase 3: Pruebas de validación y aceptación.

En esta fase se desarrolló un plan de pruebas encaminado a validar la plataforma con los resultados previos obtenidos en las encuestas. Es decir, verificamos que los resultados obtenidos en la plataforma guarden concordancia con los obtenidos en las encuestas antes citadas.

Con respecto a garantizar la calidad del software se procedió a ejecutar las pruebas con noventa estudiantes y cuatro docentes de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional de Loja, obteniendo la aceptación y aprobación de la plataforma.

4. Diseño e implementación

A continuación, se detalla las actividades desarrolladas, separadas en fases, que permitieron el diseño e implementación de la Plataforma para la estructuración de cursos adaptativos basado en los estilos de aprendizaje activo, reflexivo, teórico y pragmático utilizando técnicas de Inteligencia Artificial.

4.1. Fase I: Búsqueda, análisis y clasificación de la información acerca del proceso de generación de contenidos para cursos.

4.1.1. Revisión bibliográfica, y análisis de metodologías para determinar el estilo aprendizaje

Se realizó un análisis de los métodos para la determinación de los estilos de aprendizaje los cuales son:

- Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje.
- Test de hemisferios cerebrales.
- Test de Modelo de Kolb.
- Test de Inteligencias Múltiples.
- Test de Programación Neurolingüística.

4.1.2. Selección de la metodología para determinar el estilo de aprendizaje a ser programada.

Una vez realizado el análisis se procedió a seleccionar el test de Honey-Alonso por las aportaciones y experiencias de Honey y Mumford que fueron recogidas en España por Catalina Alonso, quien adaptó el cuestionario LSQ de Estilos de Aprendizaje al ámbito académico y al idioma Español, al cual lo llamó CHAEA (Cuestionario Honey-Alonso sobre Estilos de Aprendizaje). Después de la adaptación del mismo Catalina Alonso diseñó y desarrolló una investigación con 1371 alumnos de diferentes facultades de las Universidades Complutense y Politécnica de Madrid [2].

4.1.3. Selección y categorización de estrategias vinculadas al estilo de aprendizaje seleccionado.

Se realizó un análisis de las estrategias vinculadas a los estilos de aprendizaje y de las técnicas de inteligencia artificial, las cuales nos admiten su aplicación en un sistema e-learning permitiendo la identificación del estilo de aprendizaje de los estudiantes

bajo la adquisición de información basada en el test de Honey – Alonso y estrategias [6].

4.1.4. Selección de la técnica de inteligencia artificial a ser empleada

La técnica que sobresalió de entre las analizadas fue la Red Neuronal, el punto crucial que se consideró para la elección de esta técnica, permite la elección de los contenidos de cursos con la utilización de una base de conocimiento especializada en las estrategias obteniendo un resultado aproximado de acuerdo a los estilos de aprendizaje de los estudiantes.

Dicha técnica utiliza el framework weka para la implementación de algoritmo Multilayer-Perceptron formada por múltiples capas, permitiendo resolver problemas que no son linealmente separables [8].

4.1.5. Análisis de las tecnologías de software necesarias para dar soporte al proyecto.

Para el desarrollo de la base de conocimiento se estudió Weka y para el e-learning se analizó diferentes tecnologías de software seleccionando JSF (Java Server Faces) que se basa en web simplificando el desarrollo de interfaces de usuario en aplicaciones Java EE [9], la misma que fue utilizada para el desarrollo de formularios; html5, Java Script y JBoss que es un servidor de aplicaciones JavaEE de código abierto implementado en Java [10].

4.2. Fase II: Análisis y codificación del componente de software para generación de contenidos de acuerdo a los estilos de aprendizaje.

4.2.1. Análisis y determinación de requerimientos funcionales.

Para el sistema e-learnig se obtuvieron los siguientes requerimientos funcionales. El sistema permitirá:

Tabla 1. Requerimientos Funcionales

Código	Descripción	Complejidad
RF001	Al administrador de la plataforma administrar profesores	Media
RF002	Al administrador gestionar roles	Media
RF003	Al profesor administrar estudiantes	Media
RF004	Al profesor administrar sus cursos	Media
RF005	Al profesor administrar los contenidos	Media
RF006	El profesor contará con un componente inteligente de software que le permita generar los contenidos para un curso de acuerdo al estilo de cada estudiante.	Media
RF007	Al profesor determinar el estilo de aprendizaje de un estudiante empleando la combinación del Test de Chaea-Alonso y las preferencias de estrategias de aprendizaje.	Media
RF008	Al estudiante será evaluado por única vez de forma autónoma por la plataforma para determinar el estilo de aprendizaje mediante el test de Chaea-Alonso y selección de estrategias preferidas.	Media
RF010	Al estudiante se mostrará los contenidos del curso de acuerdo al estilo de aprendizaje previamente definido.	Media

4.2.2. Determinación de roles y actores.

Tabla 2. Roles y actores de la plataforma

Actor	Roles
Administrador	<ul style="list-style-type: none"> • Administrar profesores • Administrar estudiantes • Administrar cursos • Asignar profesor a curso
Profesor	<ul style="list-style-type: none"> • Administrar estudiantes • Administrar contenidos • Agregar estudiantes a curso • Administrar evoluciones
Estudiante	<ul style="list-style-type: none"> • Visualizar contenidos • Rendir evaluaciones • Obtener estilo de aprendizaje mediante Test Chaea-Alonso y selección de estrategias preferidas.

4.2.3. Diseño del modelo de la base de conocimiento del sistema

Para el diseño de la base de conocimiento se utilizó un vocabulario con términos lematizados que están relacionados con las estrategias utilizadas por cada uno de los estilos de aprendizaje quedando un modelo de la siguiente manera.

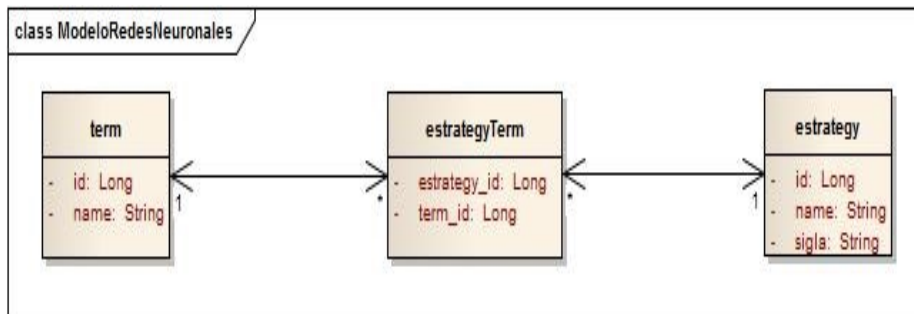


Figura 1. Modelo de la Base de Conocimiento del Sistema

Para la implementación de la parte inteligente del sistema, utilizamos el algoritmo Multilayer-Perceptron de la librería Weka [9]. Se crearon los archivos .arff (formato de archivos que usa Weka) para la determinación aproximada de los estilos de aprendizaje de los contenidos ingresados a la plataforma.

A continuación se describe las partes que contiene un archivo .arff (García):

- **Nombre de la relación:** Declarada como `@RELATION nombre`
- **Declaración de atributos junto a su tipo de dato:** Declarados como `@ATTRIBUTE nombre_del_atributo tipo`. El tipo de dato utilizado en nuestros atributos fue NUMERIC. El último atributo declarado corresponde a la clase, es decir, las posibles respuestas que retornará el algoritmo. En nuestro caso, los posibles resultados son: "Si" o "No".

- **Encabezado de los datos de entrenamiento:** Declarado con @DATA.
- **Instancias:** Después de la línea de encabezado de los datos de entrenamiento, cada instancia es especificada en una sola línea. Las instancias detallan los valores de cada atributo, separados por “,” (coma) y el último elemento de la instancia corresponde al valor objetivo/predicción.

En la Tabla 3. se muestra el contenido de un archivo .arff especificando cada una de sus partes por columnas (Para efectos de ejemplificación, en la columna “**Datos de entrenamiento (Encabezado + Instancias)**” solo fueron consideradas 10 de las 106 instancias que contiene el archivo .arff original que fue utilizado en nuestro trabajo):

Tabla 3. Contenido archivo .arff (Base de conocimiento)

Relación	Atributos	Datos de entrenamiento (Encabezado + Instancias)
@RELATION activo	@ATTRIBUTE act NUMERIC @ATTRIBUTE prag NUMERIC @ATTRIBUTE teo NUMERIC @ATTRIBUTE refl NUMERIC @ ATTRIBUTE resultado {si,no}	@data 0.3,0.25,0.15,0.4, no 0.8,0.4,0.3,0.55, no 0.85,0.35,0.05,0.0, si 0.7,0.85,0.8,0.3, no 0.75,0.25,0.0,0.4, si 0.0,0.35,0.55,0.15, no 0.95,0.9,0.05,0.65, si 0.55,0.05,0.1,0.15, si 0.9,0.75,0.25,0.6, si 0.5,0.45,0.8,0.95, no

Una vez diseñado el modelo de la base de conocimiento, se implementó un servicio en el servidor de aplicaciones de la plataforma para el framework Weka. Para esto, se ubicó la base de conocimiento en la carpeta de acceso público del servidor (generalmente /bing) y el servicio provisto por el servidor de aplicaciones en la carpeta lib del servidor con el formulario de ingreso de contenidos. Por último, el módulo de la red neuronal, el cual, con la combinación del lematizador, el contenido se convierte en términos lematizados. Se analiza la relación de términos-estilos de aprendizaje obteniendo una entrada para la red neuronal.

5. Resultados

5.1. Base de conocimiento

Luego de diseñar la base de conocimiento se utilizó los archivos .arff para entrenar la red neuronal en Weka y de esa forma generar nuestro modelo de predicción. Weka es una herramienta con una interfaz gráfica que permite el procesamiento de cualquier conjunto de datos mediante la aplicación, análisis y evaluación de diferentes técnicas, principalmente las provenientes del aprendizaje automático [11]. El Modelo de la red

neuronal (Algoritmo Multilayer-Perceptron) para nuestra aplicación generado por Weka, es el siguiente:

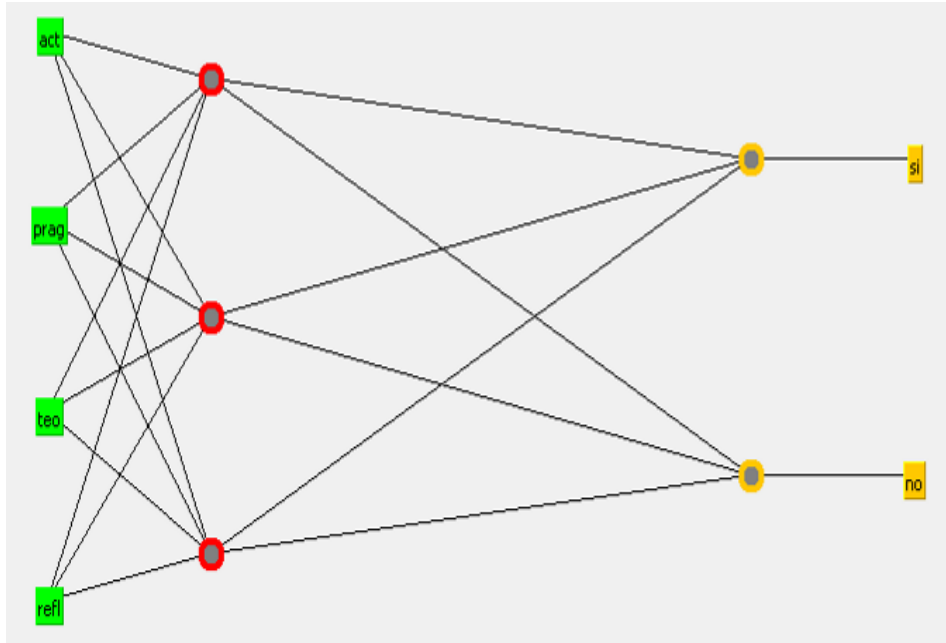


Figura 2. Modelo de la Red Neuronal generado por Weka.

Al utilizar el algoritmo Multilayer-Perceptron para la determinación aproximada de los estilos de aprendizaje de los contenidos ingresados a la plataforma, obtuvimos 95,28% de precisión en las predicciones.

Como técnica utilizada para medir el rendimiento del algoritmo fue usada la validación cruzada con k grupos [12], con $k=10$. Esta técnica se basa en dividir los datos de entrenamiento en k grupos iguales o casi iguales. Luego, son realizadas k ejecuciones del algoritmo, en cada ejecución se toma un grupo diferente de entre los k grupos para utilizarlo como conjunto de test con el objetivo de evaluar al clasificador, y los $k-1$ grupos restantes se los utiliza para entrenar la red neuronal. Al final, el porcentaje de precisión de nuestra red neuronal multicapa se obtuvo calculando la media de la precisión obtenida en las k ejecuciones.

5.2. Plataforma para la estructuración de los contenidos de los cursos de acuerdo al estilo de aprendizaje del estudiante.

El desarrollo del software para los entornos administrativos de los roles: docentes, administradores de la plataforma, así como también un área para los cursos adaptativos al estilo de aprendizaje de los estudiantes; se lo realizó con las tecnologías JSF (Java Server Faces). Las mismas que fueron utilizadas para el desarrollo de formularios; html, Java Script, CSS, Java como lenguaje de servidor, luego se le

integró un servidor de aplicaciones que provee los servicios de orígenes de datos, servicios web y soporte a la implementación de la red neuronal quedando como se muestra a continuación:

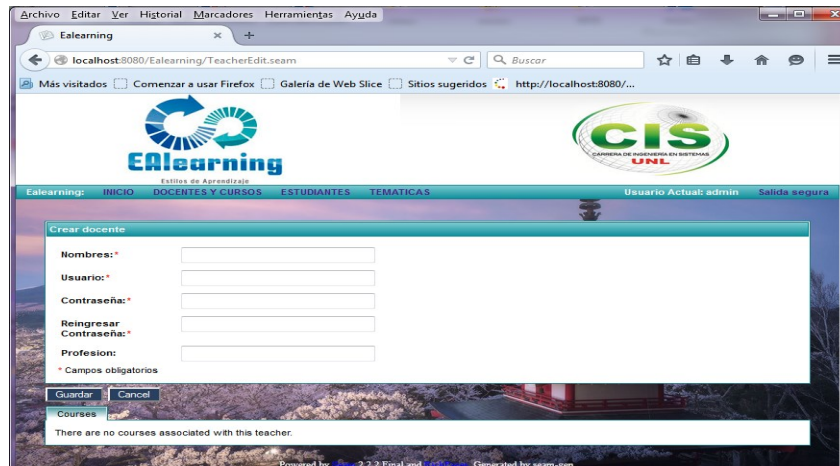


Figura 3. Entorno administrativo, docente, estudiante y cursos

6. Conclusiones y trabajos futuros

Una vez concluido el estudio sobre el tema: Plataforma para la estructuración de cursos adaptativos basado en los estilos de aprendizaje Activo, Reflexivo, Teórico y Pragmático utilizando técnicas de Inteligencia Artificial, se establecen las siguientes conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros:

- A la determinación del estilo de aprendizaje de los estudiantes se la realizó mediante el test de Honey-Alonso y estrategias vinculadas a los diferentes estilos de aprendizaje.
- Las diversas técnicas de inteligencia artificial estudiadas, representan una solución viable para predecir la estructuración de contenidos de acuerdo al estilo de aprendizaje del estudiante. Sin embargo, la que prevaleció de entre todas ellas, fue la red neuronal, debido a que, mediante esta técnica, se podía estimar que contenido corresponde a un estilo de aprendizaje utilizando un vocabulario con términos tematizados.
- Por medio de las redes neuronales y su algoritmo multilayer perceptron, se diseñó un modelo de incertidumbre eficiente para estimar la estructuración del contenido y con ello poder brindarle un curso a cada estudiante dependiendo su estilo de aprendizaje.
- El modelo de la Red neuronal se implementó en una plataforma Web la misma que genera resultados estimados sobre la forma en que aprenden los estudiantes, esta fue validada en un escenario educativo real mediante un grupo experimental conformado por estudiantes y docente de la Carrera de

Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional de Loja. Concluyendo, además, que el curso generado por la plataforma puede ser utilizada para diferentes propósitos, uno de ellos, el implementarla en la Universidad Nacional de Loja como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Trabajos futuros

Se menciona los posibles trabajos a realizar:

- Redefinir el modelo de la red neuronal, identificando nuevo vocabulario para la elaboración de los cuestionarios de acuerdo a los cuatro estilos de aprendizaje.
- Desarrollar nuevos módulos implementando las diferentes técnicas de inteligencia artificial para obtener nuevos resultados en la determinación de contenidos para los diferentes estilos de aprendizaje.
- Realizar un estudio para la obtención de los contenidos directamente de documentos en formato doc., pdf. y estructurarlos para los diferentes estilos de aprendizaje.
- Implementar la plataforma de estructuración de contenidos en la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional de Loja como ayuda al proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.

Agradecimientos

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mi director del Trabajo de Titulación, Ing. Alex Vinicio Padilla Encalada Mgs., por su dedicada orientación, seguimiento y supervisión continua.

Referencias

1. Alcazar, A. (2009). Los estilos de aprendizaje en el enseñanza. *Revista digital para profesionales de la enseñanza*.
2. Mónica, G. (2007). Estilos de aprendizaje. *Revista de estilos de aprendizaje*.
3. Martínez, P. (2004). Investigación y análisis de los estilos de aprendizaje del profesorado y alumnos del primer ciclo de educación secundaria obligatoria en el ámbito del C. P. R. de LAREDO. CANTABRIA. *I Congreso Internacional de estilos de aprendizaje*. Recuperado el 9 de junio de 2014, de <<http://www.estilosdeaprendizaje.es/PMGeijo.pdf>> [Consulta: 9 de Junio del 2014].
4. Graf, S. (2005). Fostering adaptivity in e-learning platforms: a meta-model supporting adaptive courses. *Vienna University of technology*. Recuperado el 13 de agosto de 2014, de http://sgraf.athabascau.ca/publications/graf_CELDA05.pdf
5. Chía, L. &. (s.f.). “Adaptación de las Plataformas E-Learning a los Estilos de Aprendizaje Utilizando Sistemas Multiagentes”. *Universidad libre, Cali, Colombia*.

6. Soler, M. (2005). Sistemas e-learning inteligentes. *Didáctica, Innovación y Multimedia*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://ddd.uab.cat/pub/dim/16993748n0/16993748n0a2.pdf>
7. Honey, P. &. (2006). The learning Styles Helper's Guide. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <https://www.talenthens.co.uk/assets/lsq/downloads/learning-styles-helpers-guide-quick-peek.pdf>
8. Rivals, I. &. (2003). MLPs (mono-layer polynomials and multi-layer perceptrons) for nonlinear modeling. *ournal of Machine Learning Research*. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://www.jmlr.org/papers/volume3/rivals03a/rivals03a.pdf>
9. Jendrock, E. &.-N. (2013). The Java JEE 6 Tutorial. Recuperado el 26 de diciembre de 2014, de <http://docs.oracle.com/javaee/6/tutorial/doc>
10. Jamae, J. &. (2009). JBOSS in action. *Manning Publications Co*. Recuperado el 26 de diciembre de 2014, de <http://testa.roberta.free.fr/My%20Books/Computer%20programming/Java/Manning%20-%20JBoss%20in%20Action%20Configuring%20the%20JBoss%20Application%20Server.pdf>
11. García, D. (s.f.). Manual de Weka". Recuperado el 26 de diciembre de 2014, de <http://sci2s.ugr.es/sites/default/files/files/Teaching/GraduatesCourses/InteligenciaDeNegocio/weka.pdf>
12. Refaeilzadeh, P. &. (2009). Cross-Validation. In *Encyclopedia of Database Systems*, 532-538. Recuperado el 26 de diciembre de 2014, de <http://leiting.net/papers/ency-cross-validation.pdf>