

Tutor Inteligente para Propuestas de Investigación

Investigación

M.C. Jesús Miguel García Gorrostieta¹, M.C. Samuel González López², Dr. Aurelio López López²

¹ Universidad de la Sierra. Carret. Moctezuma-Cumpas Km. 2.5, C.P. 84560 Moctezuma, Sonora, Tel. 01 (634) 3429600, jmgarcia@unisierra.edu.mx.

² Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Luis Erro 1, Santa María Tonantzintla, , C.P. 72840, San Andrés Cholula, Puebla, Tel. 01 (222) 2663100, {sgonzalez, allopez}@inaoep.mx

Resumen

Estudiantes de Nivel Licenciatura llevan a cabo proyectos de final de curso en los cuales se solicita la estructuración de un trabajo de investigación. Con el fin de mejorar la calidad de dicha tarea y guiar en el desarrollo de este tipo de trabajo, se implementó un Sistema Tutor para ayudar a los estudiantes. En este artículo se presenta un Tutor Inteligente basado en la web para proporcionar asesoramiento a los estudiantes en la estructuración de borradores de proyectos de investigación. Proponemos un modelo del estudiante basado en una red para seguir el progreso de cada estudiante en el desarrollo del proyecto, así como una retroalimentación personalizada en cada evaluación. El tutor incluye un módulo para evaluar la riqueza léxica, que se realiza en términos de densidad léxica, diversidad léxica y sofisticación. Se presentan los resultados de un estudio piloto con estudiantes que usaron el sistema, además de un análisis del cuestionario con el cual se realizó la evaluación empírica, en la cual se muestra que los estudiantes encontraban a la herramienta útil para mejorar sus escritos.

Palabras clave: E-learning, Procesamiento del Lenguaje Natural, Sistemas de Tutoría Inteligente, Riqueza Léxica.

Abstract

College students elaborate end-of-course project proposals which have the structure of a research paper. In order to improve the quality of the project and guide them through the development of this type of work, a Tutor System was implemented to help the students. In this paper we present a web-based Intelligent Tutor System to provide advice to students in the drafting of research project proposals. We propose a student model based on a network to track the progress of each student in the development of the project and provide a personalized feedback on each assessment. The tutor includes a module for assessing the lexical richness, which is done in terms of lexical density, lexical

variety and sophistication. We present the results of a pilot study with students which used the system, and the analysis of a questionnaire used to perform an empirical evaluation, that showed that students found that this tool was useful to improve their writings.

Key words: E-learning, Natural Language Processing, Intelligent Tutoring System, Lexical Richness.

Introducción

El realizar trabajos de investigación bien estructurados es una labor compleja que requiere del apoyo del profesor. Para dicha tarea, tecnologías tales como los sistemas de tutoría pueden ser la solución. Un sistema de tutoría inteligente (ITS) es un sistema que ofrece una instrucción y retroalimentación personalizada a los estudiantes sin la participación del profesor. Avances en los ITS incluyen el uso de las tecnologías del lenguaje natural para realizar la evaluación automática de la escritura y proporcionar retroalimentación, tal como se presenta en el artículo de Crossley *et al* [1]. Writing Pal (WPal) es un ITS que ofrece estrategias y prácticas basadas en juegos para desarrollar las habilidades del proceso de escritura. También existen agentes inteligentes virtuales capaces de responder a las preguntas del estudiante en relación a un tema académico [2]. También se tienen ITS basados en el diálogo, como el llamado Guru propuesto en [3], el cual tiene un agente tutor animado que incita a la participación del estudiante en una conversación colaborativa que hace referencia a un espacio de trabajo de hipermedia, presentando y animando imágenes significativas para la conversación. Otro ITS basado en el diálogo es AUTO Tutor el cual utiliza diálogos como su principal actividad de aprendizaje [4]. Todos estos ITS utilizan el lenguaje natural para interactuar con el alumno de manera similar al ITS presentado en el presente trabajo.

En la Universidad de la Sierra se realizan proyectos de fin de curso para los cuales se les solicita a los estudiantes estructurarlos con los elementos de un

trabajo de investigación. Con el fin de mejorar la calidad de los trabajos y guiar a los estudiantes en el desarrollo de dichos trabajos se utilizó un sistema tutor inteligente para apoyar a los estudiantes. En este artículo se presenta un Tutor Inteligente basado en la web para proporcionar asesoramiento a los estudiantes en la estructuración de borradores de proyectos de investigación. Proponemos un modelo del estudiante basado en una red para seguir el progreso de cada estudiante en el desarrollo del proyecto, así como una retroalimentación personalizada en cada evaluación. El tutor incluye un módulo para evaluar la riqueza léxica, que se realiza en términos de densidad léxica, diversidad léxica y sofisticación.

Hay ciertos métodos para evaluar el uso del vocabulario de un documento. Uno de ellos es medir la sofisticación, utilizando un listado de las 3000 palabras más usadas del español [5]. Para el español, algunos estudios utilizan la lista proporcionada por la RAE (Real Academia Española) de 1000, 5000 y 15000 palabras más frecuentes. Otros trabajos utilizan Yule's K para medir la riqueza en los textos [6], este tipo de medida se centra en la repetición de las palabras y es considerado una medida de la diversidad léxica.

El proceso de redacción de proyectos de investigación por lo general, no es una tarea fácil para los estudiantes. Por lo tanto, el sistema propuesto tiene la intención de apoyar la labor del profesor, así como la de guiar a los estudiantes a través de dicho proceso. También aplicamos una evaluación empírica con los estudiantes para verificar la eficacia del sistema propuesto y se presentan sus resultados.

Fundamentación Teórica

El tutor inteligente presenta el material referente a los diferentes elementos del proyecto, tales como el planteamiento del problema, hipótesis, objetivos y justificación en el Módulo de Dominio. Para cada elemento, se aplica un cuestionario para verificar la lectura de materiales y se realizan ejercicios prácticos usando el Analizador Léxico para lograr un nivel aceptable en la densidad, diversidad y sofisticación en los textos del estudiante. Los resultados del cuestionario y del análisis léxico se envían al módulo de Progreso del Estudiante para actualizar el estado del conocimiento del alumno en una red. La figura 1 muestra el modelo de tutor inteligente. El Módulo de Progreso del Estudiante (MPE) registra el progreso del estudiante en una red como la que se ilustra en la figura 2. Cuando el estudiante termina el cuestionario, el valor del nodo del elemento cuestionario se actualiza y el MPE calcula el progreso del estudiante para el nodo padre utilizando los pesos asignados a cada pregunta del cuestionario [7].

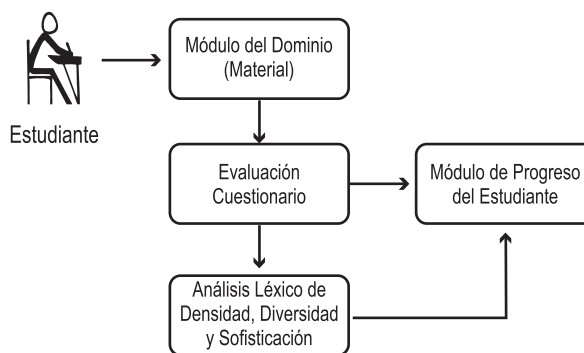


Fig. 1. Modelo del Sistema Tutor Inteligente

De manera similar, a la hora de realizar los ejercicios con el analizador léxico, el nodo correspondiente en la red se actualiza y el MPE estima el progreso del estudiante para el nodo padre utilizando los pesos asignados a la densidad léxica, la diversidad y sofisticación en el Analizador Léxico.

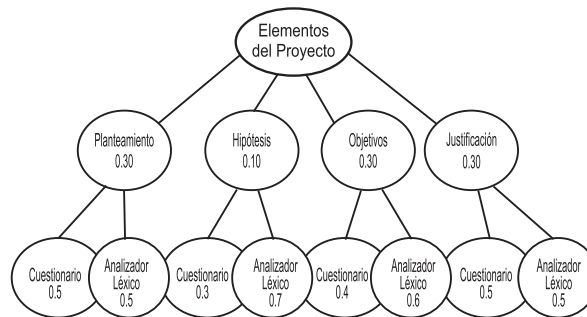


Fig. 2. Red usada en el Módulo de Progreso del Estudiante

La figura 2 presenta los pesos asignados a cada nodo a partir de la experiencia como instructores. Por ejemplo, en el nodo de cuestionario del objetivo, se asigna un peso del 40% de avance del nodo padre, en dicho cuestionario se incluyen 5 preguntas para verificar que el estudiante ha leído el material. Una vez que el estudiante ha contestado correctamente a las preguntas, esto le permite pasar a utilizar el analizador léxico para realizar tres ejercicios que tienen un peso combinado de 60% del nodo padre, que se distribuye de la siguiente manera: 20% para la densidad léxica, 20% para la diversidad léxica, y, finalmente, el 20% para la sofisticación.

En la Figura 3 se muestra el modelo de analizador léxico, el análisis léxico se centra en la evaluación de tres medidas: la densidad léxica, la diversidad léxica y sofisticación, que en conjunto evalúan la riqueza léxica. La primera medida, la densidad léxica tiene como objetivo reflejar la proporción de palabras de contenido en el texto completo. Esta medida se calcula dividiendo los tipos léxicos únicos o palabras de contenido (Tlex) por el total de palabras del texto evaluado (N), es decir, el número de palabras antes de quitar las palabras vacías [8].

La diversidad léxica busca medir la capacidad del alumno para escribir sus ideas con un vocabulario variado. Esta característica se calcula dividiendo los tipos léxicos únicos (Tlex) por el total de tipos léxicos (NLEX). Tlex se refiere los términos únicos de contenido, mientras que NLEX representa términos totales del contenido, ignorando las palabras vacías. La tercera medida es la sofisticación, que pretende indicar el conocimiento de conceptos técnicos y es la proporción de palabras “sofisticadas” empleadas. Esta medida se calcula como el porcentaje de las palabras no incluidas en la lista de 1000 palabras comunes, proporcionadas por la Real Academia Española¹. Todas las medidas toman valores entre 0 y 1, donde 1 indica un alto valor léxico, y valores cercanos a cero significa un valor bajo del léxico en la sección evaluada.

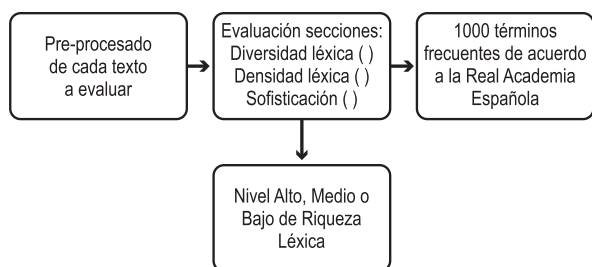


Fig. 3. Modelo del Analizador Léxico

El pre-procesamiento del texto involucra el filtrado y eliminación de palabras vacías de una lista proporcionada por el módulo de NLTK-Snowball². Las palabras vacías son las preposiciones, conjunciones, artículos y pronombres. Después de este paso, sólo palabras de contenido se mantienen, lo que permite el cálculo de las tres medidas. Por último, los resultados producidos por el Analizador Léxico se envían al módulo de progreso del estudiante, para que el tutor inteligente procese los resultados obtenidos por el usuario.

Se definió una escala para los resultados del analizador léxico con los valores de Alta, Media y Baja riqueza léxica establecidos sobre la base de nuestro trabajo previo [9] [10], donde se analizaron las propuestas de investigación y tesis a distintos niveles.

Materiales y Métodos

El sistema tutor inteligente fue desarrollado con PHP y MySQL con el paquete XAMPP para tener un acceso a la web, el analizador léxico es desarrollado en Python debido a la facilidad de acceso de dicho lenguaje a las herramientas de procesamiento del lenguaje natural. El analizador utiliza la herramienta

de código abierto FreeLing³ para el análisis de las palabras y posteriormente realizar el análisis de densidad, diversidad y sofisticación del texto. La figura 4 muestra la interfaz gráfica del sistema en el cual se observa el enlace INICIO en el menú principal para acceder a los elementos del proyecto, en el interior nos encontramos con enlaces para acceder al planteamiento del problema, hipótesis, objetivos y justificación. Para cada elemento, hay tres secciones: materiales, cuestionario y evaluación práctica. En esta figura, también podemos observar la sección AVANCE en el lado inferior izquierdo, donde se presenta los porcentajes de progresos en el concepto con el 70% y el 21% del curso completo. Como podemos observar, para entrar en la evaluación práctica, el estudiante primero debe completar con éxito un cuestionario de conocimientos básicos del concepto.

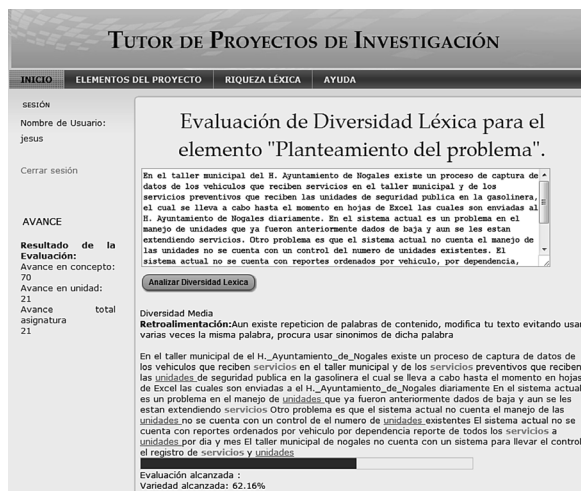


Fig. 4. Analizador Léxico para Diversidad

La sección de la evaluación práctica está presente en la figura 4, donde el alumno escribe el planteamiento del problema a analizar, primeramente el análisis de densidad mide el equilibrio entre las palabras de contenido y las palabras vacías; si el texto tiene demasiadas palabras vacías se tendrá una densidad léxica baja. A continuación, el análisis de diversidad, en el cual se mide la repetición de palabras de contenido, como se observa en la Figura 4 se repiten las palabras “servicios” y “unidades” etiquetadas de color rojo. Este caso se tiene un nivel medio de diversidad léxica y con una retroalimentación al estudiante que le plantea: “Aún existe repetición de palabras de contenido, modifica tu texto evitando usar varias veces la misma palabra, procura usar sinónimos de dicha palabra” con un 62.16 % de diversidad, que es gráficamente ilustrado por la barra de progreso en la parte inferior de la figura.

¹ <http://corpus.rae.es/lfrecuencias.html>

² <http://nltk.org/>

³ <http://nlp.lsi.upc.edu/freeling/>

En la figura 5 se presenta el análisis léxico para la densidad donde se observa en color rojo las palabras vacías y se indica que se tiene una densidad BAJA debido a que se tienen más palabras vacías que palabras de contenido con un 50.98% de densidad léxica, se envía al alumno la siguiente recomendación: “Se sugiere revisar el texto, ya que existen pocas palabras de contenido, procura reducir los términos en subrayado rojo”.

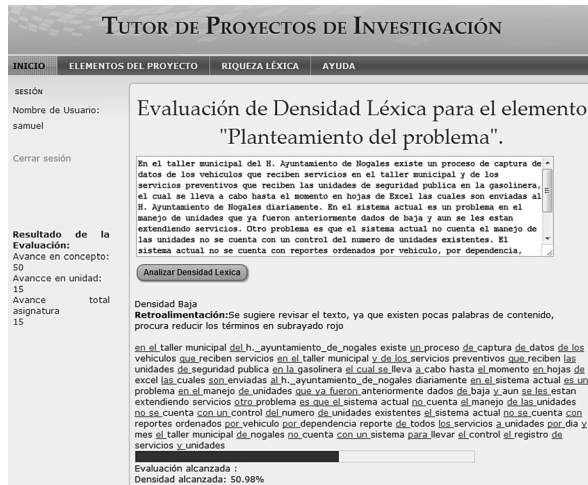


Fig. 5 Análisis léxico de densidad

Al finalizar el ejercicio de densidad léxica, el alumno puede acceder al ejercicio de la sofisticación que mide el grado en que el estudiante usa palabras poco comunes, como son el caso de las palabras técnicas del dominio de la informática.

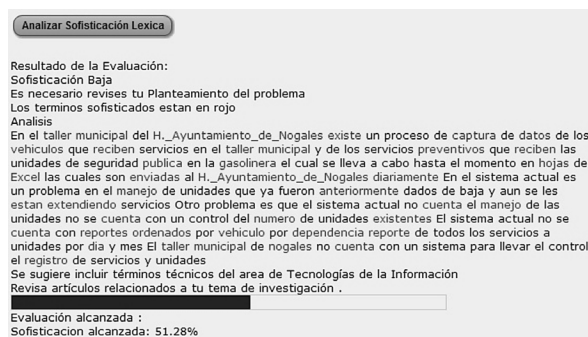


Fig. 6 Análisis Léxico de Sofisticación

En la figura 6 se observa el analizador léxico de sofisticación en el cual se marcan de color rojo las palabras que se consideran sofisticadas. En la imagen se puede observar el resultado del analizador léxico indicando una sofisticación BAJA con un 51.28%, con la recomendación de que “Se sugiere incluir términos técnicos del área de Tecnologías de Información, Revisa artículos relacionados a tu tema de investigación”.

Una vez completado los tres análisis léxicos, el estudiante puede pasar al siguiente elemento del proyecto y el profesor puede revisar un planteamiento del problema más refinado.

La herramienta utilizada para verificar el nivel de aceptación de los usuarios, fue un cuestionario con los niveles de 1 = Totalmente en desacuerdo (TD), 2 = En desacuerdo (D), 3 = Neutral (N), 4 = De acuerdo (A), 5 = Muy de acuerdo (MA) basados en el modelo TAM (Technology Acceptance Model) [11].

La utilidad del Sistema

1. ¿El sistema mejora la eficacia de mi aprendizaje?
2. ¿El sistema mejora el rendimiento de mi aprendizaje?
3. ¿En general, creo que el sistema es una ventaja para mi aprendizaje?

Facilidad de Usar el Sistema

1. ¿Aprender a usar el sistema es fácil para mí?
2. ¿El proceso de usar el sistema es claro y entendible?
3. ¿En general, creo que el sistema es fácil de usar?

Adaptabilidad del Sistema

1. ¿El contenido proporcionado es adecuado para mi nivel actual de conocimiento?
2. ¿El apartado de porcentaje de avance del tema mejora tu motivación para terminar el tema y la unidad?
3. ¿Los ejemplos proporcionados en el material facilitaron la redacción de los elementos del proyecto?
4. ¿El material proporcionado en el sistema es completo y claro para permitirme realizar la redacción de los elementos del proyecto?
5. ¿El cuestionario me permitió evaluar instantáneamente mi comprensión sobre el tema y avanzar en el mismo?
6. ¿La retroalimentación del cuestionario (pistas) me ayudaron a identificar las áreas problemáticas?
7. ¿La retroalimentación del cuestionario (pistas) me ayudó a resolver las preguntas de manera eficaz?
8. ¿La retroalimentación (pistas) del analizador léxico de los elementos del proyecto me ayudó a mejorar mi redacción?
9. ¿La retroalimentación del analizador léxico de los elementos del proyecto (texto en rojo) me ayudó a identificar las palabras que se pueden mejorar?
10. ¿La retroalimentación del analizador léxico de los elementos del proyecto me ayudó a escribir dichos elementos?

La intención de utilizar el Sistema

1. ¿Tengo la intención de utilizar el sistema en el futuro como un método alternativo de aprendizaje aparte del material de clase?
2. ¿Tengo la intención de utilizar el Sistema en el futuro como un método alternativo de aprendizaje en caso de tener algún problema de comprensión del tema enseñado en clase?

Como se puede observar en la encuesta se cubren los cuatro aspectos del modelo TAM [11] con respecto a la utilidad del sistema, facilidad de usar el sistema, adaptabilidad del sistema y la intención de uso del sistema. Dicha encuesta se aplicó una vez que el alumno logró completar los apartados del planteamiento del problema, hipótesis, objetivos y justificación con los tres análisis léxicos en niveles aceptables.

Resultados y Discusión

Se aplicó una evaluación empírica para verificar la efectividad y aceptación del sistema en la Universidad de la Sierra de una Carrera afin a las Ciencias de la Computación. Se conformaron dos grupos de 14 estudiantes, a ambos grupos se les pidió el mismo producto, es decir se les solicito redactar el anteproyecto de su trabajo final, el cual consistía en planteamiento del problema, hipótesis, justificación y objetivos. Al primer grupo denominado grupo de control únicamente se les entregó material impreso referente a la elaboración del anteproyecto y se les incentivó a consultar con el profesor las dudas referentes al trabajo. Por otro lado, el segundo grupo denominado grupo Experimental se les solicitó utilizar el sistema tutor inteligente y se les explicó la forma de usarlo. La duración del experimento fue de una semana.

Al terminar el experimento se analizaron los resultados, observándose que el grupo de control no consultó al profesor para revisar su trabajo antes de la entrega final. Al no estar obligados a realizar una revisión previa los alumnos la omitieron y solamente entregaron el trabajo al llegar la fecha de entrega. Por otro parte el grupo Experimental al utilizar el tutor inteligente consultaron más el material y al maestro para mejorar su redacción y obtener un mayor puntaje en el sistema para concluir con los todos los elementos del proyecto. Como se puede observar en la figura 7 en la cual se presenta los valores promedio del análisis léxico para densidad, diversidad y sofisticación para el planteamiento del problema del grupo experimental y el grupo de control, se puede ver que el grupo experimental obtuvo mayor puntaje.

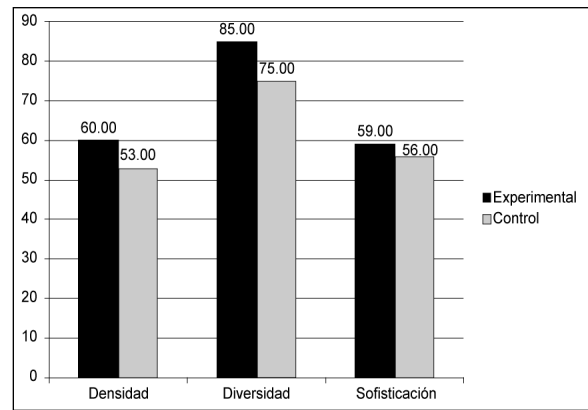


Fig. 7 Análisis Léxico - Planteamiento del Problema

Los rangos establecidos para ofrecer una retroalimentación textual en el planteamiento del problema son para un valor “bajo” menor o igual a 52%, para un valor “medio” mayor de 52% y menor de 59%, para un valor “alto” mayor o igual a 59%. De acuerdo a estos valores se observa que el grupo de control que obtuvo en promedio 53% corresponde a un valor “medio” y el grupo experimental con un 59% el cual corresponde a un valor “alto” de la densidad léxica del planteamiento del problema.

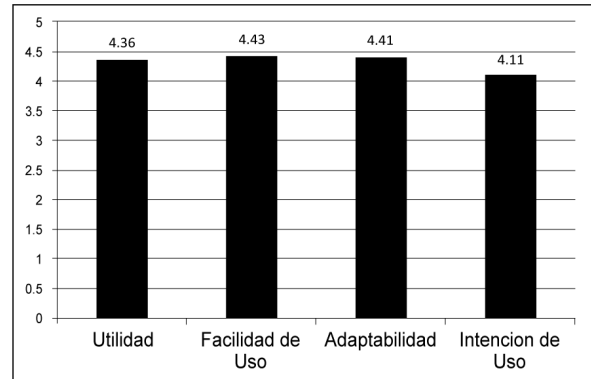


Fig. 8 Resultados de Encuesta de Satisfacción

Además, para la encuesta de satisfacción basada en el modelo TAM, los alumnos la contestaron en base a una escala de 5 puntos desde 1 como “Muy en desacuerdo” hasta ‘5’ como ‘muy de acuerdo’. Se observa en la figura 8 los resultados promedios por aspecto de la encuesta de satisfacción, en la cual se observa que la impresión del alumno es “de acuerdo” para todos los aspectos, con lo cual se infiere que el sistema le parece de utilidad, fácil de usar, adaptado a su nivel y tiene la intención de seguirlo usando.

En la figura 9 se pueden observar los promedios de los resultados de la encuesta de satisfacción por alumno, en la cual se aprecia que solo 2 alumnos consideraron

como la opción 3 en promedio, la cual es una respuesta neutra, el resto estuvo “de acuerdo” en considerar al sistema de utilidad, fácil de usar, adaptable y con la intención de seguirlo usando.

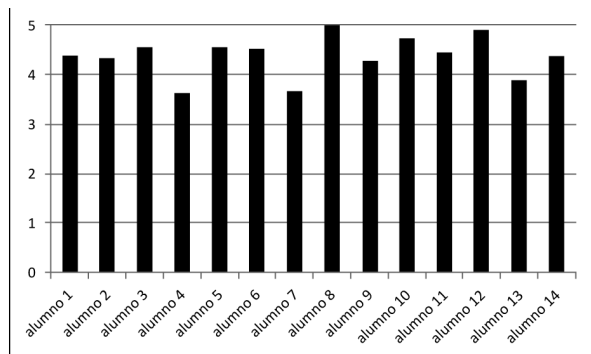


Fig. 9 Encuesta de satisfacción alumnos

Conclusiones

El uso del sistema tutor inteligente en el desarrollo de proyecto de investigación de estudiantes tiene como objetivo apoyar a los maestros en la revisión y seguimiento de los mismos, proporcionando el material necesario para el alumno en todo momento, registrando el avance del proyecto y analizando diversos aspectos del léxico de sus aportaciones, lo cual puede ser particularmente útil en las primeras etapas de la elaboración del proyecto.

Como podemos, ver el uso del ITS mejoró los tres aspectos léxico: la densidad, la diversidad y sofisticación, en el grupo experimental y de acuerdo a la encuesta de satisfacción se tiene una buena aceptación de la herramienta entre los estudiantes.

Se planea seguir extendiendo el sistema tutor inteligente con análisis adicionales, tales como revisar coherencia o aspectos particulares de las secciones centrales de la propuesta de investigación, como son los objetivos o las conclusiones.

En el trabajo futuro, tenemos la intención de poner en práctica el ITS con el uso de objetos de aprendizaje SCORM y apoyados por un LMS de código abierto para mejorar la portabilidad de los recursos digitales y mejorar la asimilación del contenido en los estudiantes. Con lo cual que se espera mejorar la estructuración de los proyectos de investigación de los estudiantes.

Referencias

[1]. Crossley, S. A., Varne, L. K., Roscoe, R. D. & McNamara, D. S. (2013), Using Automated Indices of Cohesion to Evaluate an Intelligent Tutoring System and an Automated Writing Evaluation System. In *Procs. 16th International Conference, AIED 2013*, Memphis, TN, USA. Springer, pp 269-278.

[2]. Rospide, C.G. & Puente, C. (2012), Virtual Agent Oriented to e-learning Processes, In *Procs. 2012 International Conference on Artificial Intelligence*. Las Vegas, Nevada.

[3]. Olney, A., D’Mello, S. K., Person, N. K., Cade, W. L., Hays, P., Williams, C., Lehman, B. & Graesser, A. C. (2012), Guru: A Computer Tutor That Models Expert Human Tutors., in Stefano A. Cerri; William J. Clancey; Giorgos Papadourakis & Kitty Panourgia, ed., ‘ITS’, Springer, pp. 256-261.

[4]. Graesser, A.C., D’Mello, S.K., Craig, S.D., Witherspoon, A., Sullins, J., McDaniel, B. & Gholson, B. (2008), The Relationship between Affective States and Dialog Patterns during Interactions with Autotutor, *J. Interactive Learning Research*, vol. 19, no. 2, pp. 293-312.

[5]. Schwarm, S. & Ostendorf, M. (2005), Reading level assessment using support vector machines and statistical language models. In *Procs. of the 43rd Annual Meeting on Association for Computational Linguistics (ACL ’05)*, pp. 523-530.

[6]. Miranda, A. and Calle, J. (2005), Yule’s Characteristic K Revisited. *Language Resources and Evaluation*, 39, 4, pp. 287-294.

[7]. Sucar, L.E. & Noguez, J. (2008), Student Modeling, in O. Pourret, P. Naim, B. Marcot (Eds.), *Bayesian belief networks: a practical guide to applications*, Wiley, pp.173-186.

[8]. Roberto, J., Martí, M. & Salamó, M. (2012), Análisis de la riqueza léxica en el contexto de la clasificación de atributos demográficos latentes. *Procesamiento de Lenguaje Natural*, No. 48, pp. 97-104.

[9]. González López, S. & López-López, A. (2012), Supporting the review of student proposal drafts in information technologies. In *Procs. of the 13th annual conference on Information technology education (SIGITE ’12)*. ACM, New York, NY, USA, 215-220.

[10]. González López S. & López López A. (2014), Mining Domain Knowledge for Coherence Assessment of Students Proposal Drafts, In *Educational Data Mining: Applications and Trends*, A. Peña-Ayala (ed.), *Studies in Computational Intelligence*, Vol. 524, Springer 2014, pp. 229-255.

[11]. Tobing, V., Hamzah, M., Sura S. & Amin H. (2008), Assessing the Acceptability of Adaptive E-Learning System. In *Procs. Fifth International Conference on eLearning for Knowledge-Based Society*, December 11-12, 2008, Bangkok, Thailand, 10p.

Recibido: 12 de diciembre de 2013

Aceptado: 14 de marzo de 2014