

TONOMET: Alternativa de Apoyo para una Asignatura de Métodos Numéricos, para el Aprendizaje Significativo en el Cálculo de Raíces de Ecuaciones No Lineales.

Amado A. Leyva¹, Mónica A. Carreño¹, Jesús A. Sandoval¹, Italia Estrada¹, Miriam Carreño¹

Fecha de recibido: 28/06/2014

Fecha de Aprobación: 09/09/2014

Resumen

Como docentes universitarios y preocupados por el aprendizaje significativo, además de que uno de los grandes retos como docente en la enseñanza de los Métodos Numéricos, es que el estudiante visualice y transforme las matemáticas superiores en matemáticas elementales; por ello es necesario que el docente universitario se apoye en herramientas didácticas que le faciliten transmitir el conocimiento, para que el alumno adquiera ese aprendizaje que le perdurará. El presente trabajo reporta cómo a través de un entorno didáctico en Web se puede apoyar para que los alumnos adquieran ese aprendizaje significativo en el cálculo de las raíces de ecuaciones no lineales en una asignatura de Métodos Numéricos en licenciatura.

Palabras Clave: *Métodos Numéricos, Aprendizaje Significativo, Entorno Didáctico en Web.*

Abstract

As academics and concerned about the significant learning, and one of the greatest challenges as a university lecturer in teaching Numerical Methods, is that students visualize and transform higher mathematics in elementary mathematics; for that reason is necessary that university teaching rests on educational tools that facilitate you to transmit knowledge, so that students acquire the learning that will last you. This paper reports how through a Web learning environment can be supported so that students acquire meaningful learning in the calculation of the roots of nonlinear equations in a subject for Numerical Methods undergraduate level.

Keywords: *Numerical Methods, Meaningful Learning, Web learning environment.*

¹ Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento Académico de Sistemas Computacionales, Carretera al Sur Km. 5.5, La Paz B.C.S., 23080, México., Mail: {aleyva, mcarreno, sandoval, iestrada, marayc} @uabcs.mx,

‡ Se concede autorización para copiar gratuitamente parte o todo el material publicado en la *Revista Colombiana de Computación* siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, y que se especifique que la copia se realiza con el consentimiento de la *Revista Colombiana de Computación*.

1. Introducción

El estudio de los Métodos Numéricos es una materia esencial para los alumnos inmersos en alguna carrera del área de las Ciencias Computacionales, ya que les ayuda a la comprensión de las matemáticas de una forma sencilla utilizando operaciones aritméticas básicas, motivando así a la construcción de algoritmos eficientes para la resolución de problemas típicos de los Métodos Numéricos hacia la búsqueda de raíces de ecuaciones [1].

Los estudiantes han mostrado desde siempre cierta dificultad para asimilar los tópicos de esta materia, ya que les representa mucho trabajo el entendimiento del problema matemático, así como poder analizar, comparar y formular sus propias diferencias de los métodos entre sí, de igual manera, la dificultad de migrar ese conocimiento abstracto de los métodos a un lenguaje de programación, además de no dejar de mencionar el alto índice de reprobación que se presenta en la materia; son algunas problemáticas detectadas en el estudio de los Métodos Numéricos.

A lo largo de la experiencia académica impartiendo esta asignatura, se han detectado situaciones en donde los alumnos teniendo herramientas tanto para la búsqueda de la información, como videos, tutoriales, algoritmos, diagramas de flujo, programas escritos en diferentes lenguajes de programación, aplicaciones o software para el estudio de los Métodos Numéricos, no son capaces de formular la idea abstracta del método ventajas y desventajas que les ayuden al análisis de los métodos, y del mismo modo construir algoritmos eficientes para la resolución del problema.

Con el objeto de fomentar el aprendizaje y las técnicas de estudio para el Cálculo de Raíces de Ecuaciones No Lineales (CRENL), se propone un entorno didáctico en Web para el estudio y análisis de los diferentes métodos inmersos en el CRENL.

El presente artículo reporta el desarrollo de un entorno didáctico en Web el cual fue desarrollado en software libre, a través de él, el alumno podrá interactuar de manera amigable en el entorno que se le propone.

2. Marco Teórico

2.1 Problemáticas en la Enseñanza de los Métodos Numéricos

Según Ponce, Castillo y Carrillo [2] señalan que en las instituciones de educación superior existe un problema alarmante en cuanto a

reprobación, y matemáticas es una materia en la que se alcanzan índices elevados, siendo esta un área del conocimiento que es de tipo acumulativo, ya que las deficiencias que se tienen en un curso repercutirán en todos los cursos subsecuentes.

Por otro lado, Galicia [3] afirma que para la mayor parte de los alumnos, los temas de matemáticas son vistos como difíciles y poco aplicables en la vida diaria, además de esto, tienen por idea que al terminar de estudiar un tema, las operaciones y los razonamientos utilizados en él, no serán aplicables más adelante durante su formación.

Aspectos muy importantes son los que inciden en la problemática para la enseñanza del análisis numéricos dentro del área de las matemáticas, según Pizarro [10] un problema real es que los estudiantes resuelven los cálculos aplicando fórmulas de forma mecánica para el cálculo de las raíces, sin detenerse en poner atención en la interpretación geométrica, haciendo que no se logre comprender como actúan los métodos en sus diferentes situaciones de convergencia y búsqueda de raíces.

2.2 Estrategias Didácticas

Para los autores Colom, Salinas y Sureda [4] definen estrategia didáctica: “Como un conjunto de actividades con coherencia interna a realizar por el profesor y por los alumnos, para conseguir algún efecto educativo”, de esta manera son oportunidades que tiene el docente y los alumnos para mostrar y recibir respectivamente información útil, que impactará significativamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En esencia, decidir una estrategia didáctica consiste en escoger la más adecuada combinación de métodos, medios y técnicas que ayude al alumno a alcanzar la meta deseada del modo más sencillo y eficaz [5].

2.3 Software Educativo

Para conceptualizar la importancia del desarrollo del software educativo, el autor Márquez define: “*El software educativo se le denomina a los programas para computadoras, creados con la finalidad específica de ser utilizados como medio didáctico, es decir, para facilitar los procesos de enseñanza y de aprendizaje*” de esta manera se podrá obtener provecho sobre las carencias en el aprendizaje matemático del alumno [6].

En otro sentido los autores Bezanilla y Martínez [8] consideran como software educativo a: “*Aquellos programas capaces de servir de ayuda al aprendizaje del alumno y de apoyo, nunca de sustituto, a la labor*

pedagógica del profesor”, el mismo autor señala que con esto podrá apoyar en el proceso de enseñanza/aprendizaje de manera significativa en los estudiantes.

Mientras que Urbina [7] en otra definición menciona que el software educativo puede ser caracterizado no solo como un recurso de enseñanza aprendizaje, sino también, de acuerdo con la estrategia de enseñanza donde se incluye: el uso de algún software conllevan, implícita o implícitamente, unas estrategias de aplicación y unos objetivos de aprendizaje. Este tipo de software se destina a la enseñanza, al auto-aprendizaje y además permite el desarrollo de ciertas habilidades cognitivas.

Según Márquez [6] la elaboración de software educativo no es un proceso lineal, sino iterativo: en determinados momentos de la realización se comprueba el funcionamiento, el resultado, se evalúa el producto y frecuentemente se detecta la conveniencia de introducir cambios.

Los especialistas señalan y coinciden que el software educativo facilitará, conducirá y mejorará el proceso de enseñanza-aprendizaje siempre y cuando coincidan con los objetivos que se planteen.

2.4 Herramientas Actuales

Hoy en día la enseñanza de los Métodos Numéricos se ha apoyado en herramientas para facilitar la enseñanza-aprendizaje de esta asignatura, en ese sentido, actualmente existen herramientas o entornos como: *MATLAB* [16], *Mathematica* [18] y *MAPLE* [17], que es software comercial (su licencia es costosa) y no son herramientas específicas, además que se necesita la enseñanza de la herramienta previamente; lo cual dificulta al alumno centrarse en el estudio del tema CRENL; por otro lado existen herramientas de licencia libre como: *Octave* [20] *SciLab*[15], *FreeMat*[21], *NumPy*[22], *SciPy*[23] estas tienen la particularidad de ser de escritorio, no son particulares y requieren estudio previo de la utilización del software para poder implementar los métodos numéricos. En cuanto entorno Web disponible, la Universidad Nacional de La Pampa en Argentina, desarrolló una aplicación online y de uso libre denominado SECav [19], esta es amigable, con una interfaz gráfica intuitiva y abarca el tema de CRELN, sin embargo esta herramienta carece de material de apoyo, autoevaluaciones, ejercicios y prácticas que ayudan de manera integral al estudiante para reforzar su conocimiento y razonamiento que se necesita que perdure, como lo hace TONOMET, que apoya al estudiante en su aprendizaje-significativo dentro y fuera del aula en cualquier lugar y en cualquier momento.

2.5 Ingeniería de Software

En el proceso del desarrollo del software y con la finalidad de obtener software correcto y de calidad, es donde la ingeniería de software ofrece estos métodos y técnicas; una de las definiciones desarrollada por la IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*): que enmarca: “La ingeniería del software es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable hacia el desarrollo, operación y mantenimiento del software” [11]. La metodología de desarrollo del software según Piattini se define como un conjunto de “procedimientos, técnicas, herramientas y un soporte documental, los cuales son fundamentales para el desarrollo del software” [12]. Dependiendo el enfoque a desarrollar ya sea estructurado (concentrándose en lo que se quiere que haga el sistema o aplicación [11]) u orientado a objetos (buscando descomponer un espacio del problema por objetos, permitiendo modelar el sistema para ayudar a entenderlo, controlarlo y gobernando de manera independiente [6]) este tiene que ser de calidad, como lo mencionan los diferentes autores especialistas en el área.

Siguiendo con alguna metodología que representa el camino para desarrollar software de manera sistemática, existen diferentes tipos de ciclos de vida (“cascada, espiral, prototipo evolutivo”) en este último permitiendo a los ingenieros de software desarrollar versiones cada vez más completas del software [13]; de tal manera que la selección de un modelo de ciclo de vida está asociada a un orden en proceso de realización de las actividades a desarrollar [14].

3. Desarrollo del Entorno Didáctico en Web

TONOMET (*Tools NonLinear Methods*) se desarrolló especialmente para el estudio en el CRENL en los cursos básicos de Métodos Numéricos, se utilizó el ciclo de vida de prototipo evolutivo, el cual permitió construir prototipos que se fueron refinando hasta obtener una herramienta de calidad y con una interfaz amigable para el usuario. Las etapas que involucra el ciclo de vida fueron:

A. Identificación de Requerimientos.

De los requerimientos encontrados para la herramienta son:

1. Mostrar fundamentación teórica de cada método.
2. Presentación de ventajas y desventajas propias de cada método en estudio, de manera clara y sin ambigüedades.
3. Presentación de diagrama de flujo de cada método, para el

- entendimiento abstracto de la secuencia de los procesos iterativos.
4. Resolución aritmética de cada método paso a paso, según la ecuación dada.
 5. Construcción y visualización gráfica de la ecuación dada, para analizar el comportamiento de la función a resolver.
 6. Construir y evaluar la secuencia de construcción del pseudocódigo de cada método en estudio.
 7. Visualizar y evaluar test de autoevaluación de los métodos en los casos de estudio.

En la Fig. 1 se presenta el Diagrama de Casos de Usos del entorno.

Los actores que interactúan en el Diagrama de Casos de Usos son:

- *Profesor*, es el encargado de cargar la fundamentación teórica de cada método para el CRENL, así como cargar y actualizar las evaluaciones de los métodos en estudio y generar estadísticas de evaluación y uso, con el fin de medir la efectividad del entorno en Web.
- *Alumno*, es el usuario principal que va a interactuar, con el único fin de adquirir un aprendizaje significativo a lo largo del uso del entorno.

Los casos de uso que se encuentran inmersos son:

- Cargar método del CRENL, permite incluir información del método para poder ser actualizada y consultada.
- Administrar evaluaciones, permite cargar, consultar y actualizar preguntas de las evaluaciones.
- Generar estadísticas, permite visualizar a través de las evaluaciones realizadas por el alumno/grupo su proceso de aprendizaje.
- Administrar grupos, permite agregar grupos de alumnos, así como eliminar y consultar los mismos.
- Elegir método, permite seleccionar el método a estudiar para realizar las tareas fundamentales del entorno didáctico como consultar teoría, consultar ventajas y desventajas, consultar diagrama de flujo, resolución aritmética, realizar pseudocódigo y visualizar gráfico.
- Realizar evaluación, permite al alumno resolver una autoevaluación, con el fin de que el alumno pueda medir el nivel de aprendizaje de los métodos estudiados.
- Consultar material de apoyo, permite proponerle al estudiante que visite y consulte material adicional en línea, a fin de reforzar su aprendizaje.

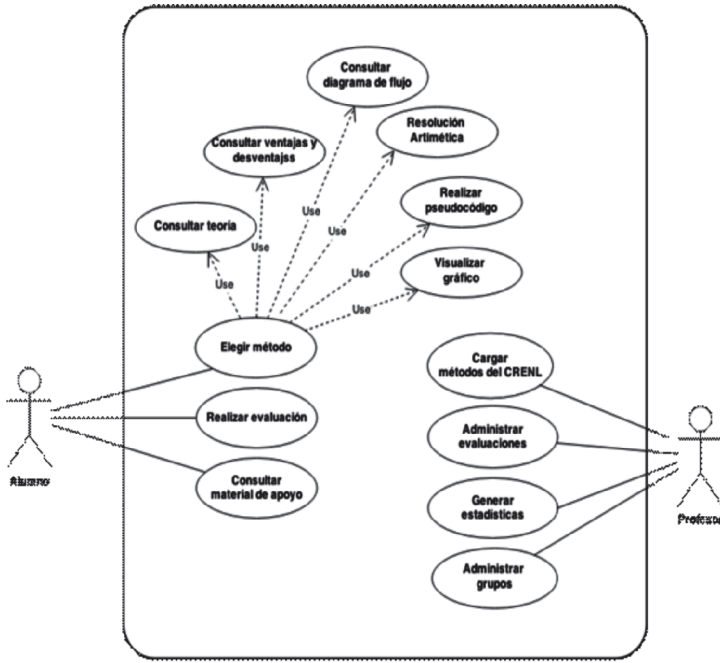


Fig. 1. Diagrama de Casos de Usos del entorno didáctico en Web.

B. El Diseño, Desarrollo e Implementación del Prototipo.

En la Fig. 2 se muestra el diagrama general del entorno didáctico en Web, la cual presenta opciones de seguimiento y navegación por la misma.

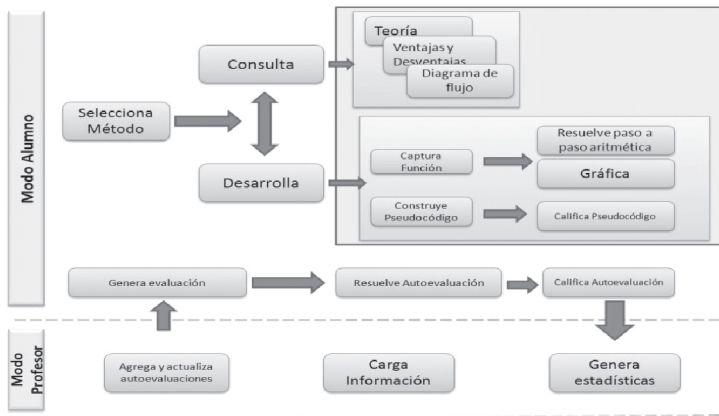


Fig. 2 Diagrama general del entorno didáctico en Web.

El entorno didáctico se implementó utilizando software libre, la cual se desarrolló con diferentes herramientas y tecnologías trabajando en conjunto, como Java como lenguaje de programación, JavaScript, además de PHP y HTML con código CSS para la visualización Web de la información, para la visualización gráfica de las funciones se utilizó una herramienta disponible “Fooplots” on-line totalmente libre.

C. De la Prueba del Prototipo y Refinamiento Iterativo

En el tiempo de desarrollo del entorno didáctico en Web, fue indispensable la interacción directa con los docentes universitarios que imparten la asignatura de Métodos Numéricos. Esto con la finalidad de poder agregar recomendaciones y sugerencias que fueron incluidas para refinar el proceso de desarrollo de la misma, con el objetivo de alcanzar un prototipo final deseado y aceptado. Además este entorno didáctico fue probado durante un semestre en ambos turnos con alumnos inscritos en la asignatura y estudiando los temas del CRENL.

4. Descripción del Entorno Didáctico en Web

El entorno permite al estudiante dar un recorrido sistemático que le permitirá experimentar, aprender y practicar por las diferentes actividades que se le presentan; a continuación se muestran y describen interfaces principales del entorno didáctico para el estudio y aprendizaje en el CRENL.

Para el acceso al entorno se debe estar registrado, contando con un login y password para tener control de acceso, que ayudará en la generación de estadísticas, así como para la revisión y/o actualización de los contenidos temáticos que muestra la aplicación. El entorno dos tipos de usuarios: el docente y el alumno.

Ingresando como docente al entorno, este podrá registrar a sus alumnos mediante la opción de agregar nuevo grupo, para poder dar seguimiento puntual de las actividades que realice el estudiante dentro del entorno, así como a la generación de estadísticas que muestren el avance del grupo/individual ingresado en las diferentes actividades de autoevaluación, con el fin de medir la efectividad del uso del entorno.

El entorno didáctico muestra una interfaz principal dividida en dos secciones, obsérvese la Fig. 3, un panel central para elegir el método que desea estudiar, ésta a su vez contiene un panel de actividades propias de cada método (consultar teoría, consultar ventajas y desventajas, diagrama de flujo, solución aritmética paso a paso, solución gráfica,

construir pseudocódigo) como se ilustra en la Fig. 4; en la parte inferior del entorno muestra otras actividades generales como: revisar páginas de interés, bibliografía, autoevaluación, así como ayuda de uso y por último acerca de.



Fig. 3. Interfaz principal del entorno didáctico en Web, dividida en dos secciones, central e inferior.



Fig. 4. Interfaz del entorno didáctico, donde se observa el panel de actividades propias de cada método en estudio.

En la Fig. 5 se muestra el espacio para resolución aritmética paso a paso y de forma iterativa la función que propone el estudiante, a fin de entender el proceso iterativo que lleva a cabo la solución para cada método en estudio.

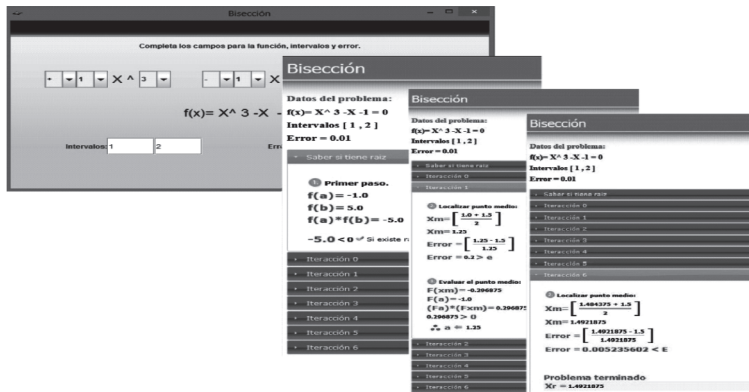


Fig. 5. Secuencia de interfaces en la resolución aritmética de la ecuación dada.

En la Fig. 6 se incorpora la resolución gráfica de la función utilizando la herramienta disponible “Fooplott” online sobre la Web, a manera que el alumno visualice y analice el comportamiento de dicha función en el plano cartesiano, con la finalidad de que tenga una noción de la localización de la raíz(s) y pueda sacar provecho de dicha visualización para hacer una interpretación propia del comportamiento de la función dada.

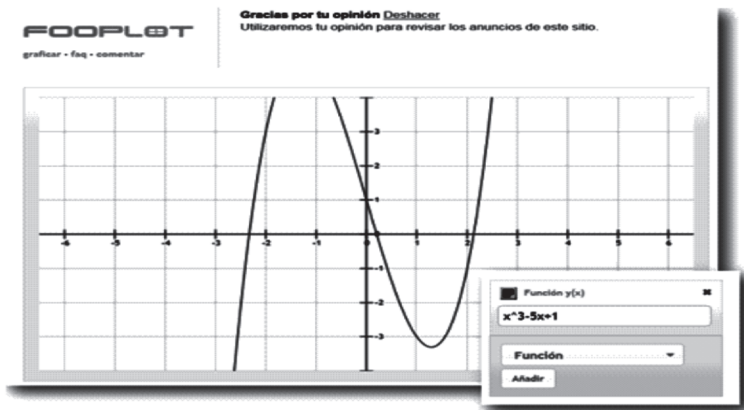


Fig. 6. Herramienta para graficar funciones “Fooplott” online Web.

Una parte fundamental en el estudio de este entorno didáctico en Web es la construcción del pseudocódigo de cada método, aquí el alumno podrá poner en práctica el conocimiento abstracto del funcionamiento tanto gráfico, como aritmético e iterativo de los métodos a fin de que pueda construir y evaluar la efectividad del aprendizaje como se ilustra en la Fig. 7.

Pseudocódigo de Bisección		
Instrucciones: Seleccionar la opción correcta por		
1) inicio	MI opción	Pseudocódigo de Bisección
2) Ingresar la ecuacion	inicio	Corr
3) leer ecuacion	ingresar la ecuacion	ingresar la ecuacion
4) Ingresar el intervalo de bisección a:	leer ecuacion	leer ecuacion
5) leer a	ingresar el intervalo de bisección a	ingresa el intervalo de bisección a
6) Ingresar el intervalo de bisección b:	leer a	leer a
7) leer b	ingresa el intervalo de bisección b	ingresa el intervalo de bisección b
8) inicio	leer b	leer b
9) leer ecuacion	ingresar la tolerancia	ingresar la tolerancia
10) Si $ f(a) \cdot f(b) < 0$ Entonces	Leer tolerancia	Leer tolerancia
11) Leer Muestraciones:	dame el número máximo de iteraciones	dame el número máximo de iteraciones:
12) PuntMedioActual $\leftarrow (a+b)/2$	Leer Muestraciones	
13) Ingresar "Cambia de Intervalo":	Si $ f(b) < 0$ Entonces	Tu Calificación!
14) Fin del Si	inicio del si	Tu puntuación del Pseudocódigo fue decepcionante, necesitas estu
	hacer	RESPUESTAS CORRECTAS: 11
	PuntMedioActual $\leftarrow (a+b)/2$	RESPUESTAS INCORRECTAS: 14

Fig. 7. Pantallas en secuencia para la construcción y evaluación del pseudocódigo del método en estudio.

A lo largo de esta sección se presentaron algunas interfaces del entorno y su fácil navegación, es importante resaltar que este sistema permite concentrar en un único lugar, de forma fácil y sin ambigüedades información para el estudiante en el estudio profundo y significativo en el CRENL, ya que la relación global de las actividades que se presentan llevan a un estudio donde se crea un entorno de instrucción en el que los alumnos entienden lo que están aprendiendo y evitando así el aprendizaje mecanizado.

5. Experiencia en el Aula con el Entorno Didáctico en Web

El entorno se utilizó en un curso básico de Métodos Numéricos nivel licenciatura (ambos turnos), para obtener información inicial sobre la aceptación del entorno y el entendimiento del mismo por parte de los alumnos. Este entorno en Web fue utilizado con 60 alumnos durante 5 semanas, con 35 alumnos por el turno matutino y 25 por el turno vespertino como apoyo en los temas del CRENL.

Como primera actividad se presentó el entorno a los alumnos, así como las actividades que se pueden desarrollar. Posteriormente, se definió una práctica inicial del estudio del método de Bisección, siendo este el primer tema del CRENL; para ello por parte del docente ya se había impartido el tema en el aula de clases. En el laboratorio de cómputo los alumnos ingresaron al entorno para experimentar su uso; para ello iniciaron consultando la parte teórica del método, ventajas y

desventajas, y su correspondiente solución visualizándose en un diagrama de flujo; posteriormente el alumno introdujo una ecuación no lineal para empezar a visualizar a través del entorno las iteraciones que dan solución aritmética a la ecuación, hasta obtener la solución visualizando su raíz y su precisión correspondiente. A su vez el alumno, pudo visualizar de forma gráfica el comportamiento de la ecuación a través de ese método; para concluir la práctica el alumno elaboró el pseudocódigo de acuerdo con el conocimiento abstracto adquirido por el recorrido del entorno.

Los alumnos a través del uso del entorno, mostraron gran interés por apoyarse en él para un mejor entendimiento en los temas del CRENL, manifestando que el contar con este tipo de entornos les permite utilizarlo desde su casa o cualquier lugar con acceso a Internet y así reforzar el entendimiento de los temas vistos en clase, esto debido a la facilidad de uso y a su visualización gráfica e interpretativa.

Como docente y al estar apoyando los temas con este entorno, se apreció que el principal beneficiario es el alumno del curso, esto debido a que: presentaron más interés en la materia; los cuestionamientos sobre los temas del CRENL fueron más concretos, mejoraron su habilidad de análisis y de aportaciones sobre las características de cada método, observando así que el entendimiento era mejor que en cursos anteriores; obtuvieron mejores resultados en sus exámenes; bajo considerablemente en este periodo el índice de deserción y por consecuencia se incrementó de manera notoria el índice de aprobación en el periodo 2014-I, observe la Fig. 8, con respecto a semestres anteriores.

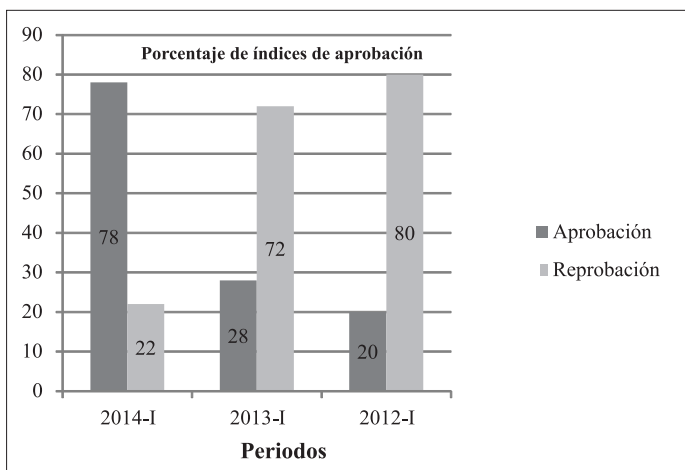


Fig. 8. Porcentaje de aprobación en comparación con dos periodos anteriores, con la implementación y utilización del entorno en el periodo 2014-I.

Con la utilización de este entorno se obtuvieron resultados positivos tanto para el docente como para el alumno, siendo este el principal beneficiario. Los alumnos aceptaron el entorno de manera inmediata y hubo un gran interés por utilizarla en el semestre; a su vez expresaron la importancia de contar con este tipo de entornos que les permitan reforzar sus conocimientos desde cualquier lugar y de una manera gráfica e interactiva; permitiendo con ello practicar para lograr un mejor aprendizaje a lo largo de su carrera.

6. Conclusiones

Dada la necesidad de incorporar nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje y como principal resultado de contar con un entorno didáctico en Web que facilite el aprendizaje significativo en el alumno en los temas del CRENL y cumpliendo con los atributos de fiabilidad porque fue desarrollado bajo el proceso de Ingeniería del Software, disponibilidad debido a que es ubicuo y está accesible 24/7; con respecto a la seguridad se utiliza protocolo del tipo HTTPS para lograr el modo seguro de la información (claves y usuarios); es usable ya que los alumnos y docentes lograron un dominio inmediato sobre la herramienta y por último escalable por el tipo de diseño utilizado.

La tarea no es fácil, pero se debe avanzar; de tal manera que la herramienta que se presenta pretende constituir un entorno valioso de aprendizaje para el CRENL, que permitirá al alumno dar un recorrido con un equilibrio y articulación apropiada entre las distintas actividades dentro de la herramienta, que le permitirá un enriquecimiento de aprendizaje que le favorecerá en los contenidos involucrados en la propuesta.

Además promoverá que los estudiantes lleven a cabo actividades de reflexión, análisis y no sólo de mecanización; logrando así un aprendizaje más, sino también al desarrollo de mayor capacidad de reflexión y análisis en la discusión y conclusión de los temas.

Este entorno didáctico en Web tiene un semestre de haberse implementado obteniendo resultados alentadores, ya que se ha logrado que el alumno pueda tener la idea abstracta de los métodos como análisis y reflexión, logrando que el alumno migre este conocimiento a un lenguaje de programación y teniendo un mejor aprendizaje en los temas CRENL.

De igual forma esta propuesta es un elemento que le brindará al docente una herramienta didáctica como estrategia para incrementar, mejorar y consolidar los conocimientos que se le propone al estudiante en esta asignatura.

El entorno presentado constituye un recurso valioso para la enseñanza de los Métodos Numéricos, ya que permite al alumno desarrollar aptitudes para la transformación de la Matemáticas Superiores en Matemáticas Elementales.

7. Trabajo Futuro

Como trabajo futuro se pretende seguir investigando sobre el uso, comportamiento e impacto que tienen las herramientas Web para en el apoyo del aprendizaje-significativo en una asignatura de este tipo y otras; a la par como objetivo, se está trabajando con la elaboración y robustez de la herramienta TONETMET a una nueva versión, por el mismo diseño del prototipo permite incrementar nuevas funciones, así como actividades, evaluaciones en la herramienta, además que se podrán incorporar nuevos métodos, así como integrar mas funciones matemáticas al graficador.

Referencias

- [1] S. Chapra and R. Canele, Métodos Numéricos para Ingenieros, Mc. Graw Hill, 2007, pp.113-163.
- [2] M. Ponce and M. Castillo and M. Carrillo, Determinación de los factores de reprobación en alumnos de la materia de investigación de operaciones. <http://www.fca.uach.mx/apcam/2014/04/05/Ponencia%20127-UACH.pdf>, Accedido el 18 mayo de 2014.
- [3] M. Galicia, Actividades didácticas que fortalecen los conocimientos previos para generar nuevos, en la introducción a los métodos algebraicos de solución de ecuaciones lineales, <http://www.bena.vente.edu.mx/investigacion>, 2006, Accedido el 10 de mayo 2014.
- [4] Colom and J. Sureda and J. Salinas, Tecnología y medios educativos. Cincel-Kapelusz Barcelona, 1988.
- [5] J. Salinas, Cambios Metodológicos con las TIC's, Estrategias Didactas y Entornos Virtuales de Enseñanza Aprendizaje. Bordon, 2004.
- [6] P. Marqués, El Software Educativo, Universidad Autónoma de Barcelona. http://www.lmi.ub.es/te/any96/marques_software/, 2001, Accedido el 20 de mayo del 2014.
- [7] S. Urbina, Informática y Teorías del Aprendizaje. Pixel Bit. Revista de Medios y Enseñanza N° 12. <http://www.sav.us.es/>

- pixelbit/pixelbit/articulos/n12/n12art/art128.htm. Accedido el 20 de mayo del 2014.
- [8] Bezanilla and M^a; Martínez, Bases técnico-pedagógicas para la elaboración de software educativo. Congreso Informática Educativa, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 1996, pp. 164-167.
- [9] J. Senn, *Análisis y diseño de sistemas de información*, M.C Graw Hill, 2002.
- [10] T. Pizarro, Las TIC en la enseñanza de las Matemáticas, Aplicación al caso de Métodos Numéricos; Tesis de Magister en Tecnología Informática Aplicada en Educación. Universidad Nacional de La Plata; http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Magisters/Tecnologia_Informatica_Aplicada_en_Educacion/Tesis/Pizarro.pdf(2009). Accedido el 15 de mayo de 2014.
- [11] Pressman R.: *Ingeniería del Software, Un enfoque práctico*. M.C Graw Hill, 2da. Edición, (2003).
- [12] Piattini M.: *Análisis y Diseño Detallado de Aplicaciones, Informáticas de Gestión*. Rama. (1996)
- [13] Senn J.: *Análisis y diseño de sistemas de información*, M.C Graw Hill, 2da.edicion, (2003)
- [14] Pérez Y.: *Análisis y Diseño de Sistemas*, Publicación Digital. TRAIN4YOU. Caracas 1998-2004
- [15] SciLab, Open source software for numerical computation, sitio web: <http://www.scilab.org/>, accedido 14/02/2015.
- [16] Mathews, J. & Fink, K., *Métodos Numéricos con MATLAB*. Ed. Prentice-Hall. España. 2000.
- [17] Carrillo, A. Llamas, A., *Cálculo Simbólico y Grafico Con MAPLE*, ed. RAMA, 2010.
- [18] García, L., Figueres, M., *Métodos Numéricos con Mathematica*, Ed. Alfaomega México, 2005.
- [19] Ascheri, M., Pizarro, R., Software educativo en línea para la enseñanza y el aprendizaje de temas de Cálculo Numérico, *Revista digital Matemática, Educación e Internet*, Vol 14, No 2. Marzo-

Agosto 2014. ISSN 1659 0643, disponible en http://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/ARTICULOS_V14_N2_2014/RevistaDigital_Ascheri_V14_n2_2014/RevistaDigital_Ascheri_V14_n2_2014.pdf, accedido 15 de febrero 2015.

- [20] Adra R., Nicolau J., Pedrosa G., Solución de Problemas de Ingeniería Software Libre Octave. Mecánica Computacional Vol. XXII, 2003, disponible en: <http://www.cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/758/717>, accedido el 20/02/2015.
- [21] FREEMAT. 2013. Disponible en <http://Freemat.sourceforge.net/>, accedido el 20/02/2015.
- [22] NumPy. 2013. Disponible en <http://www.numpy.org/>, accedido el 15/02/2015.
- [23] SciPy 2015. Disponible en <http://www.scipy.org/>, accedido el 17/02/2015.