
Factótum un tutor virtual para el estudio de las funciones

Factótum virtual tutor for the study of the functions

Enrique Vílchez Quesada

evilchez@una.ac.cr

Escuela de Informática

Universidad Nacional

Heredia, Costa Rica

Juan Félix Ávila Herrera

javila@una.ac.cr

Escuela de Informática

Universidad Nacional

Heredia, Costa Rica

Recibido el 14 de marzo 2010. Corregido el 10 de abril de 2012. Aceptado el 15 de agosto de 2012.

Resumen: Se presenta el estado actual de un proyecto de investigación realizado con el principal propósito de dotar tanto a estudiantes como a docentes de Matemática, a nivel nacional, de un sistema multimedia capaz de apoyar el estudio del tema de las funciones en secundaria. El proyecto engloba todas las etapas necesarias para el desarrollo del tutor virtual y su correspondiente validación por parte de sus potenciales usuarios. Como una de las etapas anteriormente citadas, se aplicó un cuestionario de diagnóstico a tres grupos de enseñanza media provenientes de instituciones tanto públicas como privadas, ubicadas en distintos sectores sociales de Costa Rica (rural, urbano y urbano marginal) y a diez profesores de educación secundaria, para determinar las necesidades cognitivas de los alumnos en este tema y los requerimientos del sistema que posteriormente se desarrolló y que se presenta como parte de este artículo.

Palabras clave: funciones, enseñanza, aprendizaje, tutor, virtual, sistema.

Abstract: We present the current status of a research project with the main purpose to provide both students and teachers of Mathematics, to level nationally, a system capable of supporting multimedia theme study in secondary roles. The project comprises all steps required for the development of virtual tutor and corresponding validation by potential users. As one of the steps mentioned above, we applied a diagnostic questionnaire to three high

school groups from both public and private institutions located in different social sectors of Costa Rica (rural, urban and urban fringe) and ten secondary school teachers to determine the cognitive needs of students in this subject and system requirements subsequently developed and is presented as part of this article.

Key words: functions, teaching, learning, tutor, virtual system.

INTRODUCCIÓN

El tema de las funciones en la enseñanza secundaria, presenta serias dificultades cognoscitivas y metodológicas, reflejadas en los resultados de la Prueba de Bachillerato en Matemáticas. Según las estadísticas de la Oficina de Control de Calidad del MEP (2007), al analizar por objetivos el rendimiento académico de los estudiantes, este tema aparece con el más bajo promedio. Existen muchos textos y otros recursos diseñados para preparar al estudiante en el tema de las funciones, sin embargo, una herramienta multimedia como la propuesta en este proyecto, hasta donde se ha investigado, no está disponible en el mercado.

El propósito de la aplicación que se desarrolló como resultado principal de este proyecto de investigación fue crear un sistema multimedia capaz de servir de tutor virtual en el tema de las funciones para aquellos estudiantes que se preparan con el objetivo de realizar la prueba nacional de bachillerato en Matemáticas. La posibilidad de recibir la explicación de un concepto tantas veces como sea necesario y de contar con opciones que atiendan distintos estilos de aprendizaje, hace que la herramienta creada sea una alternativa innovadora e importante. Además de ello, la integración de experiencias de aprendizaje le da al estudiante la posibilidad de visualizar conceptos y aplicaciones concretas, y de ejercitarse en las temáticas de manera interactiva, caracterizan al tutor virtual diseñado con un enfoque pedagógico que combina, de forma no integral, el cognitivismo y el conductismo. Se han incluido en la herramienta multimedia diversos módulos: algunos de ellos ponen mayor énfasis en el estímulo-respuesta del estudiante y otros tienden a apropiarse de ciertas características más de corte cognitivista.

La interface de la aplicación recurre a la intuición del usuario, quien sin necesidad de desperdiciar mucho tiempo en el proceso de aprendizaje de la aplicación, logra con relativa simplicidad comprender las opciones integradas en el sistema y su forma de uso.

El tutor virtual que se desarrolló con este proyecto y que denominamos *Factótum*, cobra mucha pertinencia a nivel nacional por la población objetivo a la cual se dirige, caracterizada por los estudiantes que deben rendir la prueba de bachillerato en Matemáticas y que por diversas razones no han logrado alcanzar un aprendizaje significativo del tema de las funciones.

No está demás enfatizar el grado de innovación de la aplicación desarrollada, atendiendo un vacío metodológico que desde hace muchos años afecta tanto a docentes como a estudiantes y cuyo ámbito de acción se centra en la utilización de las tecnologías de información y comunicación, muy en concordancia con la sociedad del conocimiento actual.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un sistema multimedia capaz de servir de tutor virtual para aquellos estudiantes que se preparan en el tema de las funciones, con miras a fortalecer sus habilidades y destrezas cognitivas y prepararse para la prueba nacional de bachillerato en Matemáticas.

Objetivos específicos

- Elaborar y validar una herramienta que le permita a los alumnos estudiar de forma interactiva el tema de las funciones.
- Construir un tutor virtual multimedia.
- Elaborar un material escrito que complemente la herramienta multimedia.

MARCO TEÓRICO

A continuación se presenta el fundamento teórico en el cual se ha sustentado el presente proyecto de investigación, es importante aclarar que los aportes teóricos expuestos en este apartado, constituyen una síntesis de los elementos principales que han servido como insumos para definir los requerimientos del sistema, las necesidades educativas en la población objetivo y desarrollar a buen término el multimedia *Factótum*.

Estilos de aprendizaje

Uno de los elementos en los cuales tuvimos interés de indagación dentro del proceso diagnóstico aplicado para definir los requerimientos del sistema, se fundamentó en la identificación de los estilos de aprendizaje predominantes en la muestra de estudiantes participantes de esta etapa.

Los estilos de aprendizaje deben ser concebidos como un conjunto de comportamientos y actitudes más o menos estables en los aprendices durante el proceso de la enseñanza. Alonso, Gallego y Honey definen los estilos de aprendizaje como *“los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos, que sirven como indicadores relativamente estables, de cómo los alumnos perciben, interaccionan y responden a sus ambientes de aprendizaje”* (1999, p. 3).

Conocer los estilos de aprendizaje predominantes en los posibles usuarios, fue un aspecto esencial como punto de partida para la toma de las decisiones pedagógicas ante las actividades o experiencias de aprendizaje a diseñar. Desde esta perspectiva, se hizo necesario elegir teóricamente un modelo de clasificación de estos estilos. Las investigaciones más importantes en este tema fueron desarrolladas por los autores Entwistle (1981), Honey y Mumford (1986) y Fleming (1987), citados por Alonso (1999).

El modelo más conocido y utilizado actualmente es el de Honey y Mumford, adoptado más recientemente por Alonso, Domingo, Gallego y Honey (1999) y en el cual nos basamos para la presente investigación. De acuerdo con este modelo, el aprendizaje óptimo es el resultado de cuatro fases: la experiencia concreta (activo), la observación reflexiva (reflexivo), la conceptualización abstracta (teórico) y la experimentación activa (pragmático). Los estudiantes en función de su estilo de aprendizaje, eligen de manera consciente o inconsciente la fase en la cual prefieren trabajar cuando aprenden.

Estos estilos, de acuerdo con Alonso, Gallego y Honey (1999), se caracterizan por:

- Estilo activo
 - Se implican en nuevas experiencias.
 - Son de mente abierta.
 - Se sienten cómodos en vivir nuevas experiencias, pues esto les permite crecer.
 - Se involucran en los asuntos de los demás y centran a su alrededor todas las actividades.
- Estilo reflexivo
 - Observan las experiencias desde diferentes perspectivas.
 - Analizan datos antes de llegar a alguna conclusión.
 - Son prudentes en la toma de decisiones, pues piensan en todas las alternativas posibles.
 - Crean a su alrededor un clima algo distante y condescendiente.
- Estilo teórico
 - Integran sus observaciones dentro de teorías lógicas y complejas.
 - Enfocan la solución de los problemas por etapas lógicas.
 - Son usualmente perfeccionistas.

- Analizan y sintetizan.
- Buscan la racionalidad y la objetividad huyendo de lo subjetivo y ambiguo.
- Estilo pragmático
 - Aplican de manera práctica las ideas.
 - Aprovechan espacios para aplicar las nuevas ideas.
 - Les gusta actuar rápidamente.
 - No les agrada teorizar.

El video como medio educativo

En la actualidad, la cultura del video se ha hecho expansiva como resultado del auge del cine, la caída de sus costos económicos y su funcionalidad; demostrada en distintos niveles: comercial, recreativo y educativo. Particularmente el video educativo, según Bravo es “*aquel que cumple un objetivo didáctico previamente formulado*” (1996, p. 1).

En el plano educativo el video se ha masificado, convirtiéndose en un recurso accesible, global y acorde con las tecnologías de la información y comunicación actuales. Según Inzunza (2004, p. 1) algunas ventajas del video educativo son las siguientes:

- El uso de los medios audiovisuales puede reducir en un 40% el tiempo requerido para la enseñanza con respecto a la información que es sólo leída o escuchada.
- El coeficiente de memorización se eleva en un 20%.
- Es un recurso que se basa en el rigor científico de la comunicación.

Ante este último aspecto, es importante señalar que la producción de videos educativos exige la consolidación de grupos interdisciplinarios conformados por pedagogos, guionistas y profesionales de la comunicación.

Para efectos de esta investigación, el video educativo constituyó uno de los recursos didácticos más importantes en el diseño y desarrollo del sistema multimedia. Nuestro enfoque supone que dentro de la didáctica de la Matemática el video ofrece una excelente alternativa para potenciar las habilidades y destrezas cognitivas de los estudiantes. Los videos educativos que se elaboraron como producto de este proceso, se sustentaron en la clasificación de M. Schmidt (1987) citado por Bravo (1996, p. 2):

- Instructivos: lo que hacen es instruir con el propósito de que los alumnos dominen un contenido.
- Cognoscitivos: se utilizan cuando se pretenden que los educandos analicen aspectos relacionados con el objeto de estudio.
- Motivadores: sirven para favorecer una conducta positiva en el alumno, hacia el desarrollo de una determinada tarea.

- Modelizadores: presentan modelos a imitar o a seguir, en matemáticas muchos procedimientos pueden ser enseñados utilizando este tipo de video.
- Lúdicos o expresivos: destinados a que los alumnos puedan aprender y comprender el lenguaje de los medios audiovisuales.

Finalmente, es justo reconocer que los videos por sí mismos no educan sino van acompañados de una estrategia didáctica que los respalde y valide, de acuerdo con los objetivos educativos que se persiguen.

Enseñanza y aprendizaje del tema de las funciones

Muchos autores a nivel nacional e internacional han venido señalando desde hace algunos años las dificultades con las que cuentan los alumnos en el aprendizaje de las funciones. Olvera, por ejemplo, plantea como principales dificultades para el aprendizaje de las funciones “*el poco conocimiento de lenguaje matemático con el que cuentan los educandos*” (1989, p. 5), al ser imprescindible el dominio de una notación simbólica y cierto vocabulario matemático. El tema de las funciones presenta intrínsecamente características de abstracción, que como educadores transmitimos a los estudiantes con ese mismo modelo, creando desde el inicio del proceso de enseñanza y aprendizaje, una barrera conductista que muy pocos educandos pueden superar satisfactoriamente.

La clave en la enseñanza del tema de funciones, como lo citan Chaverri, Ramírez y Calvo (1973, p. 2) “*es relacionar los conceptos vistos en clase con la realidad*”. Lacasta resalta a este respecto el uso de la gráfica, “*como instrumento de conocimiento intuitivo y de aprendizaje; especialmente apreciado por los estudiantes*” (2000, p. 1).

Diversos investigadores (De Faria, Meza, Martínez) han presentado propuestas de enseñanza y aprendizaje de la Matemática, utilizando el computador como el principal agente de experiencias educativas; sin embargo, propiamente en el tema de las funciones, los esfuerzos no han sido muy prolíficos y se han concentrado en la elaboración de tutoriales y unidades didácticas, y no en el diseño de entornos de aprendizaje virtuales o multimediales.

Arce y Jiménez (1994) investigaron, en la educación diversificada de un colegio privado en San Pedro de Montes de Oca en Costa Rica, la posibilidad de comparar funciones trigonométricas utilizando *LogoWr*, para la construcción de gráficas. Cuevas y Díaz (1994) diseñaron un sistema tutorial inteligente. De Faria (1994) recurrió al software *Cabri Geometry II*, para el diseño de una unidad didáctica. Más recientemente los trabajos de Meza (1999), y Gutiérrez y Martínez (2002), han desarrollado para la enseñanza del tema de las funciones en secundaria una serie de sesiones de aprendizaje, con la utilización del *Geometer's Sketchpad 3.0*.

Factotum, de acuerdo con la taxonomía de software educativo planteada por Sánchez (1998), responde principalmente a la categoría de presentación (información/conocimiento) con algunos elementos de construcción. La idea principal de este tutor virtual se circunscribe en un diseño para la enseñanza del tema de las funciones y sus aplicaciones, donde el estudiante, además de recibir información y responder preguntas, tiene la posibilidad de construir algunos conceptos de forma interactiva.

MARCO METODOLÓGICO

Generalidades

Se ha seguido la metodología de desarrollo conocida como orientación a objetos en sus distintas etapas: análisis, diseño y programación.

Análisis

Se implementó una etapa de diagnóstico en la que participaron tres grupos de quinto año ubicados en distintas áreas de la región metropolitana (90 alumnos) y diez profesores de Matemática en ejercicio. Mediante esta prueba de necesidades y requerimientos, docentes y estudiantes pudieron plasmar sus percepciones respecto a las necesidades que debería satisfacer la aplicación. Para llevar a cabo el diagnóstico se construyeron y aplicaron dos instrumentos por parte de los investigadores; uno dirigido a docentes y el otro a estudiantes.

Los cuestionarios se estructuraron utilizando preguntas tanto abiertas como cerradas. Las preguntas cerradas se diseñaron utilizando una escala likert valorada con puntuaciones del uno al cinco. La razón de haber elegido este tipo de escala se fundamentó en el interés de los investigadores para medir las actitudes de los discentes y docentes frente a sus conocimientos y experiencias previas, relacionadas con el aprendizaje y la enseñanza del tema de las funciones y sus necesidades, respectivamente.

Para realizar el análisis de los datos se separaron las preguntas en dos grupos, el primero constituido por las preguntas cerradas, en su mayoría con cinco posibles opciones de respuesta. El segundo grupo formado por las preguntas abiertas del instrumento, donde se crearon categorías para su análisis.

Los cuestionarios tomaron en consideración las siguientes variables generales:

- Características de la muestra.
- Estilos de aprendizaje.
- Comprensión y dificultades en cuanto al tema de las funciones.
- El video educativo como medio de enseñanza y aprendizaje.
- Requerimientos del sistema multimedia.
- Aceptación de uso del sistema multimedia.

De estas variables generales se obtuvieron treinta dos variables específicas a partir de las preguntas cerradas y abiertas de los dos cuestionarios aplicados y se analizaron utilizando el software estadístico SPSS 13.0. Se les solicitó a los participantes indicar en el instrumento una aproximación de sus percepciones con la escala de medición likert: “Muy de acuerdo” (1), “De acuerdo” (2), “Medianamente de acuerdo” (3), “En desacuerdo” (4) o “Muy en desacuerdo” (5). El presente diagnóstico se fundamentó en el uso de la estadística descriptiva (por el tamaño de la muestra), se recurrió a medidas de tendencia central como el promedio y la moda, a la desviación estándar como medida de dispersión y al uso de porcentajes.

Presentación de los resultados del análisis

Descripción de la muestra

La muestra de estudiantes a la cual se aplicó el instrumento diagnóstico se caracterizó por los siguientes aspectos:

- El 37.8% estaba compuesto por hombres y el 62.2% por mujeres.
- Un 33.3% eran residentes del catón de Tibás de San José y Santo Domingo de Heredia, un 33.3% residentes del centro Heredia y el 33.3% restante, residentes de la zona rural Corralillo ubicada en Desamparados de San José.
- Las edades de los participantes oscilaron entre los 16 y 20 años, con predominio aprendices con edades entre 16 y 17 años, aspecto evidenciado en la media muestral con un 16.75 y una desviación típica de 0.89. La condición socioeconómica general de los alumnos fue en su mayoría media inferior.
- Todos los estudiantes participantes se encontraban cursando su quinto año de educación secundaria.

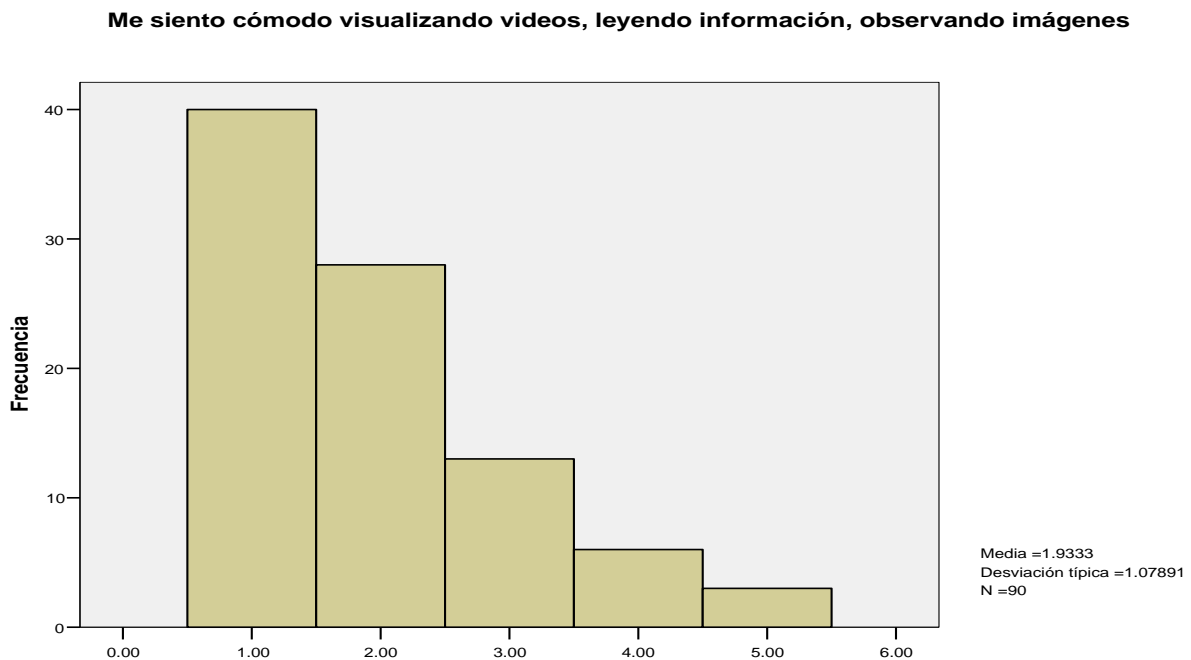
Por otra parte, la muestra de docentes se caracterizó por:

- De los diez docentes participantes siete fueron del sexo masculino y tres del sexo femenino.

- En relación con sus años de servicio, dos docentes se encontraron en el rango de dos a cinco años de experiencia, dos en el rango de seis a nueve años, dos de diez a catorce años, dos de quince a diecinueve años y dos en el rango de veinte a veinticinco años de experiencia profesional.
- Todos los profesores y profesoras participantes se encontraban impartiendo el nivel de quinto año en la educación media.

Estilos de aprendizaje

En este punto, nuestra principal hipótesis se sustentó en suponer un predominio de los estilos de aprendizaje *activo* y *pragmático* descritos en la sección 3.1. Los resultados obtenidos efectivamente apoyaron nuestras ideas iniciales, únicamente un 10% de la muestra estuvo *en desacuerdo* y *muy en desacuerdo* con el hecho de no preferir aprender jugando, un 32.2% manifestó una percepción a preferir el uso de recursos tradicionales para estudiar, este porcentaje es relativamente más alto de lo que como investigadores hubiéramos conjeturado, pues muchas veces como docentes pensamos que a los alumnos les agrada utilizar la computadora de manera intrínseca y esto no es del todo cierto. Finalmente, en el siguiente gráfico se muestra la frecuencia de respuesta de los alumnos en cual ^{Estudiantes} _{ultimeditos}:



De estos resultados se infiere una fuerte preferencia hacia el uso del video, el texto y la imagen para el aprendizaje en los estudiantes.

La percepción de los docentes en relación con el estilo de aprendizaje predominante en la población estudiantil, apoya la idea de su preferencia hacia un aprendizaje lúdico con un 40% de percepciones en un rango *muy de acuerdo y de acuerdo*, además de un 50% *medianamente de acuerdo*.

Por otra parte, se verifica que efectivamente los docentes tienen una fuerte creencia respecto al gusto que los estudiantes sienten hacia el uso de la computadora, solamente un docente manifestó estar en desacuerdo ante este hecho.

Con respecto a la metodología que los alumnos prefieren que el docente utilice en el salón de clase, un 60% de los docentes manifiestan estar *muy de acuerdo y de acuerdo* respecto al disgusto de los aprendices durante clases de tipo magistral y un 70% de los profesores refuerzan esta idea, indicando que los alumnos se motivan más con el trabajo de grupo e interactuando con otros, esto apunta a una percepción congruente de los docentes con la evidencia real de los estilos de aprendizaje predominantes en los alumnos (el *activo* y el *pragmático*).

Comprensión y dificultades en cuanto al tema de las funciones

Es interesante observar que los resultados arrojan un claro consenso entre docentes y estudiantes respecto a las dificultades cognitivas que presenta el tema de las funciones, elemento fuertemente respaldado mediante otras investigaciones ya realizadas y en las cuales se hizo hincapié en la sección 3.3.

De los alumnos participantes el 57% manifestó presentar dificultades en el tema y el 100% de los docentes tuvo la misma percepción en cuanto al aprendizaje de sus estudiantes. Por otro parte, como un dato curioso, los alumnos en un 50% manifestaron que el tema de las funciones se les hace comprensible, mientras que un 60% de los docentes opinan lo contrario y además conciben en un 100% una mala preparación de sus estudiantes en las funciones y sus aplicaciones.

También, como un dato complementario, los docentes manifestaron dificultades en la explicación de distintos contenidos relacionados con el tema de las funciones y a su juicio las razones existentes. En la siguiente tabla se resumen los resultados:

Contenido	Justificación
Concepto de función	Recargado de simbolismo y ausencia de dominio, por los estudiantes, de la teoría de

	conjuntos
Criterio de asociación de una función	Uso excesivo de notaciones simbólicas
La clasificación de funciones en: inyectiva, sobreyectiva y biyectiva	Carencia de sentido abstracto en los alumnos
Análisis de gráficas	Ausencia de recursos didácticos
Función cuadrática	Estudiantes que aprenden muchas “recetas” y que no logran comprender adecuadamente el tema
Función logarítmica	No dominio de este tema por serias dificultades cognitivas en procedimientos algebraicos en estudiantes y dificultad para explicar lo que es un logaritmo, pues el tema es muy teórico

Del mismo modo los estudiantes manifestaron:

Contenido	Justificación
Concepto de función	Explicación muy rápida y confusa
Criterio de asociación de una función	Uso excesivo de notaciones simbólicas
La clasificación de funciones en: inyectiva, sobreyectiva y biyectiva	Tema muy enredado
Análisis de gráficas	Muy pocas prácticas en hacer gráficas y se duraba mucho tiempo
Función cuadrática	No entender cuándo utilizarlas
Función logarítmica	No entender porque nunca se utilizó

La información anterior fue cuidadosamente considerada durante la etapa de creación del software *Factótum*, poniendo especial énfasis en estos contenidos para su diseño e integrando

elementos visuales con la finalidad de facilitar el aprendizaje de la interpretación y el análisis de gráficas y aplicaciones de las funciones.

El video educativo como medio de enseñanza y aprendizaje

Mediante los resultados obtenidos se evidenciaron dos aspectos dicotómicos, por un lado los alumnos sienten la necesidad de recibir explicaciones de clase caracterizadas por:

- Recurrir al juego como medio didáctico, como por ejemplo: el ajedrez, las cartas, los bingos, competiciones, crucigramas, sopas de letras y juegos de destreza mental.
- Que se utilicen objetos de la vida real.
- No estresar dando el tiempo necesario para resolver problemas.
- El uso de gráficas por computadora.
- Mayor dinamismo abordando no solamente la teoría.
- Resolución de mayor cantidad de ejemplos.
- Hacer más emotiva la clase tomando en cuenta al estudiante.
- Realizar mucha práctica.

Por otro, los docentes en contraposición expresan todas sus limitaciones de tiempo, espacio, disponibilidad y recursos para adecuar su metodología de clase a las necesidades sentidas por la población estudiantil.

Desde esta perspectiva, estos resultados respaldaron las razones iniciales de construcción del tutor virtual para el estudio de las funciones, dado que *Factótum* permite conciliar muchas de estas limitaciones con las necesidades de los educandos, pues:

- El profesor podrá impartir su clase de una forma más rápida y eficiente.
- Tendrá a su disposición experiencias de aprendizaje que estimulan una mayor interacción de los estudiantes con los contenidos que aprenden.
- El tutor ofrece espacios para el análisis dinámico de gráficas y sus interpretaciones.
- Permite al alumno recibir diversas explicaciones de un mismo tema, cuantas veces considere necesario.
- El sistema contempla tanto la resolución de ejercicios como de problemas.

Consideramos como investigadores que el uso de videos educativos (tal como se describieron en la sección 3.2) ofreció, en el marco de este proyecto, las pautas de solución necesarias para desarrollar un sistema que integrara todas las características anteriores. Paradójicamente, los profesores participantes de este estudio tuvieron una visión negativa respecto al uso de este tipo de recursos didácticos, en el instrumento manifestaron aspectos tales como:

- *“No encuentro que sean productivos.*
- *No hay condiciones adecuadas para esto.*

- *Pueden provocar desorden en el aula.*
- *Se pierde mucho tiempo”.*

Estas respuestas reflejan un desconocimiento natural del uso de materiales audiovisuales en el salón de clase, pues en el mercado y en particular en las instituciones educativas de enseñanza media, no existen este tipo de recursos aplicados a la enseñanza y al aprendizaje de las funciones.

Requerimientos del sistema multimedia

Los docentes participantes del cuestionario brindaron una serie de recomendaciones de requerimientos para el sistema que posteriormente se desarrolló; algunas de ellas son:

- Que posibilite un abordaje tanto analítico como gráfico.
- Que presente aplicaciones a la vida diaria.
- Que sea interactivo y llamativo en su presentación.
- Que su uso sea sencillo y se complemente con un manual de usuario.
- Que utilice un enfoque pedagógico conductista, cognitivista y constructivista.
- Que posea ayuda para el usuario.
- Que sea claro, concreto y presente muchos ejercicios resueltos.

Estos resultados nos permitieron retroalimentar nuestras ideas generales sobre las características del sistema en cuanto a su diseño educativo, comunicacional e informático.

Aceptación de uso del sistema multimedia

Al tener los involucrados poca experiencia en el uso de este tipo de sistemas, se percibió en el cuestionario una resistencia normal hacia su uso futuro. Principalmente los docentes se mostraron escépticos, pues concibieron a *Factótum* como una amenaza didáctica y no una ayuda complementaria a su insustituible labor profesional. Como investigadores creemos que esto no es un obstáculo, sino un reto a superar a través de la capacitación y la actualización.

Abordaje educativo del multimedia

Por los resultados obtenidos en el proceso de diagnóstico, se tomó la decisión de dar un abordaje educativo tanto conductista como cognitivista al software desarrollado.

Particularmente, se aplicaron mensajes de refuerzo en los módulos de actividades, donde el estudiante ejercita los conocimientos expuestos en el material de lectura (texto PDF con teoría

y ejemplos). Estas actividades tienen la finalidad de convertirse en un tutorial de prácticas y ejercicios, es decir, su función principal es la de crear los mecanismos necesarios para una enseñanza programada y de repetición, se crea un ambiente de estímulo-respuesta a partir de mensajes textuales de reforzamiento. Estos mensajes estimulan al alumno cuando han respondido correctamente, o bien, despliegan un mensaje de error en caso de que la respuesta sea incorrecta. Por otra parte, el texto PDF se desarrolló con un enfoque de enseñanza programada, cada sección prepara al alumno para continuar con la siguiente, que incrementa el nivel de dificultad de los contenidos y de los ejemplos. Los ejemplos están seleccionados en función de las actividades posteriores que el alumno realizará dentro del sistema.

Cada una de las secciones y sub-secciones de *Factótum* están constituidas por una evaluación de los contenidos ante la cual el estudiante tendrá un feed-back inmediato; las evaluaciones se desarrollaron utilizando la herramienta HotPotatoes. Las evaluaciones están enfocadas a estimular en el estudiante la adquisición de una serie de habilidades necesarias para obtener un buen desempeño en la prueba nacional de bachillerato en Matemáticas, dada su estructura y énfasis de contenidos.

Se creó un multimedia interactivo, pues el desarrollo de las habilidades intelectuales y las estrategias cognitivas requeridas en el proceso de aprendizaje del tema de las funciones, demandan el uso de múltiples tipos de información (textual, gráfica, audio y video) y abre un abanico de posibilidades de interacción mediante estrategias de enseñanza preinstruccionales, coninstruccionales y postinstruccionales. Las estrategias preinstruccionales invitan al alumno a comprender los temas expuestos, creando relaciones conceptuales con sus conocimientos previos. Las estrategias coninstruccionales fomentan la adquisición de las habilidades intelectuales que el alumno requiere para formar sus propias estrategias cognitivas. Finalmente, las estrategias postinstruccionales están orientadas a favorecer el recuerdo y la aplicación de los conceptos definidos y actitudes interiorizadas.

Por otra parte, de acuerdo con los resultados de aprendizaje definidos por Gagné (1975) en su teoría, en el software *Factótum* se trabajaron los siguientes resultados de aprendizaje:

- **Habilidades intelectuales:** es fundamental que los estudiantes a través del uso del software logren distinguir características y propiedades relacionadas con las funciones y todos los temas derivados entorno a ellas. Con esta perspectiva, mediante el uso de *Factótum* el alumno desarrollará su capacidad de discriminación al analizar y resolver distintos tipos de problemas, que servirán de puente cognitivo en la adquisición de conceptos definidos, entendiendo un concepto definido como la interiorización de un conjunto de reglas aplicadas de forma consciente ante una situación o contexto determinado. Creemos que en Matemáticas la adquisición de conceptos definidos es esencial, pues el estudiante debe

aprender a utilizar las Matemáticas en distintas situaciones y, aún más, discriminar cuándo y cómo pueden ser utilizadas en la resolución de problemas.

- Estrategias cognitivas: la resolución de problemas de manera autónoma es uno de los objetivos principales en términos cognitivos del software, tenemos como meta que los estudiantes al finalizar la utilización del programa tengan la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos de una manera autónoma y natural, combinando los conceptos definidos hacia la construcción individual de otras reglas más complejas, necesarias en la resolución de ejercicios y problemas relacionados con las funciones.
- Actitudes: el software busca, además, fomentar en el alumno el desarrollo de ciertas actitudes tales como orden en la resolución mental y escrita de los problemas, precisión en el uso del lenguaje matemático y condicionamientos positivos hacia el estudio de las matemáticas. Desde esta perspectiva, reconocemos que la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas tiene un fin claramente formativo, no solamente instrumental o práctico.

Diseño y programación

El software *Factótum* se diseñó utilizando el lenguaje de programación orientado a objetos Delphi Borland. La programación de la aplicación facilita las tareas de mantenimiento y actualización del sistema, sea por parte de sus creadores o de sus potenciales usuarios. Para un docente esta característica es de vital importancia, pues le da la posibilidad de crear sus propios videos educativos e integrarlos a la herramienta de manera automática.

El software, además, le permite al alumno seleccionar el tutor con el que desea emprender el estudio de las funciones, hay dos tutores en la herramienta: *Prof. Ávila* y *Prof. Vílchez*.

Al iniciar *Factótum* se abre una animación, se puede saltar la bienvenida del software presionando:

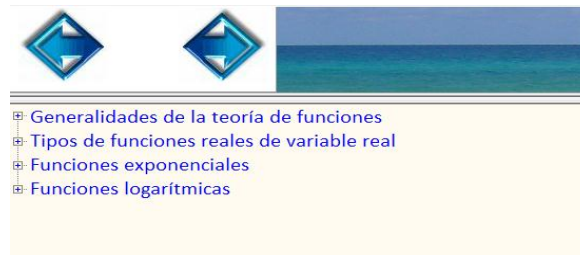
Bienvenido (Click aquí para entrar)

En el panel superior se encontrarán algunos botones:



Las flechas de color azul sirven para navegar hacia adelante o hacia atrás en las pantallas. El botón de color verde permite salir de *Factótum*.

Al entrar a la aplicación se muestra el siguiente árbol:



Si se despliega, aparecen las instrucciones generales que explican cómo utilizar *Factótum*:

Use el mouse para elegir lo que desea hacer:

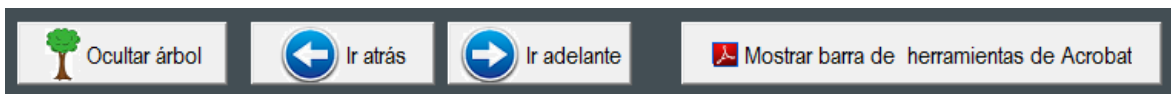
PASO 1: Elija el tema que desea estudiar

PASO 2: Al explorar los diferentes temas, llegará a las siguientes opciones:

- * Texto (PDF): Le brindará información escrita sobre el tema seleccionado
- * Teoría (Video): Proporciona un video explicando la teoría sobre el tema elegido
- * Ejemplos (Video): Contiene videos que explican videos sobre el tema deseado.
- * Actividad: Es un programa que permite reforzar el tema que se estudia.
- * Evaluación: Se refiere a una evaluación automatizada sobre este tema.

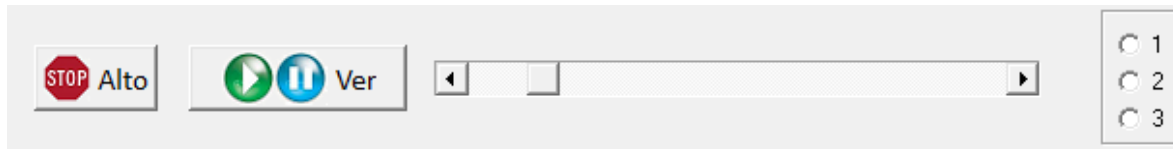
Para iniciar el estudio de cualquier tema se selecciona del árbol y este brindará cinco opciones: *Texto PDF*, *Teoría (Video)*, *Ejemplos (Video)*, *Actividad* y *Evaluación*. Veamos en qué consisten.

Al ingresar al *Texto PDF* en cualquier tema, se mostrará en la ventana un texto que explica y ejemplifica ampliamente el tópico seleccionado. La opción *Texto PDF* siempre proporcionará una serie de botones en la parte inferior de la pantalla:



- Ocultar árbol: oculta el árbol de temas y amplía la ventana que muestra el texto.
- Ir atrás e Ir adelante: son botones de navegación sobre el texto.
- Mostrar la barra de herramientas de Acrobat: abre una barra de herramientas que permite navegar sobre el documento e imprimirlo, entre otras cosas.

Teoría (Video) muestra en este formato explicaciones de las distintas definiciones, teoremas y propiedades matemáticas que aparecen en el texto. Al correr cualquier video, se muestra en la parte inferior de la pantalla lo siguiente:



- Alto: detiene la reproducción del video.
- Ver: da play o pausa a la reproducción.
- La barra deslizador: permite hacer un recorrido sobre el video manualmente.
- Las opciones 1, 2 y 3: adelantan el video en distintos tramos.

Ejemplos (Video) es una interesante opción para recibir la explicación de los distintos ejemplos desarrollados en el *Texto PDF*. El alumno tendrá la oportunidad de recibir la explicación de dos formas distintas.

En *Actividad* el usuario podrá ejercitar los conocimientos recibidos en cada sección. Las actividades fueron cuidadosamente diseñadas y procuran incentivar la interactividad del estudiante en todo momento.

En *Evaluación* el alumno podrá finalizar el estudio de cada sección, mediante una experiencia evaluativa que le permitirá juzgar su avance de logro.

Estrategia para la edición de videos educativos

Los videos educativos creados e integrados en *Factótum*, en las opciones *Teoría (Video)* y *Ejemplos (Video)*, fueron diseñados utilizando una estrategia que contempló las siguientes etapas:

- Levantamiento del guión de contenido y narrativo: para ello fue necesario definir una serie de temas a abordar en el video y se utilizó un editor de texto en formato *.tex*.
- Uso de un editor de imágenes para crear escenarios: definido el guión de contenido fue fundamental establecer los escenarios a través de los cuales se aplicó la técnica de locución en off.
- Uso del software *Camtasia Studio* para la edición del video: los diversos cursores, efectos y transiciones que caracterizan al programa, brindaron un importante apoyo para las explicaciones matemáticas basadas en la locución en off.
- Post edición con *Camtasia Studio*: permitió refinar los videos obtenidos.

A través de esta experiencia y el ejercicio empírico de las labores de producción audiovisual realizadas en el marco de este proyecto, se señalan a continuación algunos consejos para la edición y post producción de videos educativos:

- Se requiere de mucha concentración.

- No es recomendable hacerlo cansado, pues se nota en el tono de la voz.
- Hay que explicar con la misma rigurosidad de un libro, pero al mismo tiempo, con la flexibilidad característica de una clase.
- ¡No hay que estresarse!, el temor al micrófono es normal al principio, sea natural y auténtico, es lo mejor.
- Se debe seleccionar un lugar tranquilo, con poco ruido de fondo.

Estado actual de la investigación

Se ha finalizado la etapa de diagnóstico, la escritura de un texto para abordar el estudio de las funciones y el desarrollo del tutor virtual, el cual se ha programado utilizando el lenguaje de programación orientado a objetos *Borland Delphi 7.0*. En particular *Factótum* aborda las siguientes unidades temáticas: teoría general de funciones (definición, conceptos básicos, funciones reales de variable real, representación en el plano cartesiano, dominio máximo, función sobreyectiva, inyectiva y biyectiva, función inversa y aplicaciones), función lineal, función cuadrática, función exponencial, función logarítmica y logaritmos.

Actualmente nos encontramos trabajando en la validación de cada uno de los módulos de la aplicación, para ello se recurrirá a cuatro grupos, dos de ellos utilizarán el tutor virtual (grupos experimentales) y los otros dos la estrategia habitual de enseñanza y aprendizaje (grupos control) basada en recursos didácticos tradicionales. Los grupos de la muestra estarán ubicados en dos instituciones de enseñanza secundaria distintas con características urbano marginales y rurales (en cada colegio residirá un grupo experimental y un grupo control). Es importante señalar que las instituciones educativas participantes ya fueron elegidas de acuerdo con la disponibilidad de los docentes de Matemáticas que aceptaron colaborar con los investigadores.

La validación de cada uno de los módulos se fundamentará en la aplicación, tanto a estudiantes como a sus respectivos profesores, de pruebas de usabilidad que contemplarán como mínimo los siguientes aspectos: diseño, contenido, interface, navegación, claridad de las explicaciones, calidad de la edición de vídeos y valoración pedagógica del producto.

Como una última etapa al depurar por completo el tutor virtual, se aplicará una prueba de usabilidad en una actividad que reúna a los profesores colaboradores del proyecto MATEM de la Escuela de Matemática de la UNA, al asesor regional de San José, al asesor regional de Heredia y a la asesora nacional de Matemática con quienes se ha tenido un contacto previo y han manifestado una buena disposición para participar en este proceso. A juicio de los investigadores la participación de los asesores es primordial, pues son ellos los canales de conducción más apropiados para hacer llegar este producto a sus destinatarios iniciales.

CONCLUSIONES

El fracaso escolar en el tema de las funciones del Programa Nacional de Matemáticas del Ministerio de Educación Pública (MEP) de Costa Rica, mostrado en las estadísticas publicadas por la oficina de Control de Calidad de esta entidad, propone en el escenario de la Universidad Nacional de Costa Rica, la necesidad de buscar una solución parcial ante los efectos que este problema viene ocasionando en el sistema educativo y la sociedad en general. Las causas apuntan a los dos agentes principales involucrados en el proceso educativo: los estudiantes y los docentes. Los primeros presentan una mala formación en temas previos al de las funciones, lo cual desencadena altos índices de repitencia y deserción escolar. Los segundos materializan en su práctica profesional una formación académica altamente positivista, centrada en contenidos y con una clara fractura en la aplicación efectiva de estrategias metodológicas que ayuden a los estudiantes a superar las dificultades cognitivas asociadas al tema de las funciones. Sumado a ello, la situación económica a nivel mundial, está favoreciendo, en las instituciones educativas a lo largo de todo el territorio nacional, una injusticia social que pone en manos de los más acaudalados, una educación de mayor calidad y mejores condiciones que a largo plazo se traduce en mejores empleos y estabilidad económica. A razón de ello, se hace necesario buscar alternativas de solución que contemplen:

- Una igualdad de oportunidades en los sectores educativos más vulnerables, donde para un padre de familia es imposible costear lecciones particulares de Matemáticas.
- Brindar una opción metodológica a los docentes que les permita profundizar el área de contenido de las funciones y algunas estrategias de enseñanza.

En este sentido, el software *Factótum* se ha creado para ayudar a los estudiantes a disfrutar, comprender e interiorizar el tema de las funciones, promoviendo su participación activa y respetando sus diferencias individuales.

Factótum integra actividades y experiencias de aprendizaje que responden a los estilos de aprendizaje *activo y pragmático*. La visualización se detectó como una necesidad del multimedia, tanto para la interpretación y análisis de gráficas, como para comprender las aplicaciones de la teoría de las funciones. Por este motivo, esta es una de las fortalezas principales de la aplicación.

El tutor virtual es una necesidad sentida en la muestra de estudiantes y docentes participantes del proceso diagnóstico, a la luz de las necesidades y limitaciones manifestadas en el ejercicio de su práctica profesional; sin embargo, muchos educadores desconocen las potencialidades que brinda el uso de recursos didácticos audiovisuales en el salón de clase, dado que en el mercado y las instituciones de enseñanza no se cuenta con muchas posibilidades al respecto. Lo anterior escapa a los alcances del presente trabajo.

Factótum es un sistema multimedial interactivo, usable, conductista en algunas de sus secciones y cognitivista en otras. Se espera que la herramienta facilite el desarrollo de procesos de enseñanza y aprendizaje relacionados con las funciones y con la adquisición de las habilidades y competencias que les permita, a los estudiantes de secundaria, prepararse para la aplicación de la prueba nacional de bachillerato en Matemáticas.

REFERENCIAS

- Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (1999). *Estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora*. Universidad de Deusto. Ed. Mensajero. Bilbao.
- Barahona, M. (julio, 1989). El concepto de función. *Las matemáticas y su enseñanza I*(I, pp. 60-92), San José; Costa Rica: Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica.
- Bravo, L. (1996). ¿Qué es el video educativo? Recuperado de <http://www.dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=635693&orden=77183>
- Castro A, De Faria, E. y Ezpeleta, V. (1998). Introducción a la aplicación Geometry. En M. Murillo (Ed.), *Memorias del Primer Festival de Matemáticas*, pp. 61-70. I.T.C.R. Costa Rica.
- Control de Calidad del MEP (2007). *Informe de rendimiento académico*. Ministerio de Educación Pública de Costa Rica.
- De Faria, E. (1994). Graficando funciones interactivamente con Cabri Geometry II. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, pp. 212-220.
- Gagné, R. (1975). *Principios básicos del aprendizaje para la instrucción*. México: Diana.
- Gutiérrez, G. y Martínez, M. (2002). *Aplicaciones del programa El Geómetra en la enseñanza del tema de funciones en secundaria*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional. Costa Rica.
- Inzunza, D. (2004). Video educativo: elemento inherente de tendencias globales. Recuperado de http://www.sapiens.net/html/ejemplos/sociedad/sapiens/comunidades/ejemplosociedadInsf/unids/Video%20educativo_%20elemento%20inherente%20de%20tendencias%20globales/1446868F31443C0641256FAF00628DD82d8e.html?opendocument

Krug, S. (2000). *Don't Make Me Think: A common Sense Approach to Web Usability [No me hagas pensar: un enfoque de sentido común a la Usabilidad Web]*. Indiana: New Riders Publishing.

Krug, S. (2001). *No me hagas pensar: una aproximación a la usabilidad en la Web*. Madrid: Pearson Educación.

Lehmann, M. (1992). *Exploring Calculus with Mathematics [Explorando cálculo con Mathematica]*. New York: Addison-Wesley.

Meza, G. (1999). Enseñanza y aprendizaje de las funciones con apoyo de Geometer's Sketchpad En J. Espinoza (Ed.), *Memorias del I Congreso Internacional de Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora. No. 1*, pp. 12-19I. T.C.R. Costa Rica.

Piaget, J., Choquet, G., Dieudonné, J., Thom, R. y Hernández, J. (1971). *La Enseñanza de las Matemáticas*. Madrid: Editorial Aguilar.

Sánchez, J. (1995). *Informática educativa*. Chile: Editorial Universitaria.

Wolfram, S. (1996). *Mathematica Third Edition [Mathematica, tercera edición]*. UNA: Cambridge University Press.

Tickton, S. (1974). *La Educación en la Era Tecnológica*. Buenos Aires: BOWKER.