

Tutor Virtual para el Estudio de las Funciones

Máster Enrique Vílchez Quesada
Escuela de Informática
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

y
Máster Juan Félix Ávila Herrera
Escuela de Informática
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

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 funciones a nivel de secundaria. El proyecto engloba todas las etapas necesarias para el desarrollo del tutor virtual y su correspondiente validación por parte de sus usuarios potenciales. Se ha aplicado un cuestionario de diagnóstico a tres grupos de enseñanza media provenientes de instituciones públicas y privadas, además de urbanas y rurales, y a diez profesores de educación secundaria para determinar las necesidades cognitivas de los alumnos en este tema y los requerimientos del sistema a desarrollar.

1. 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 Matemática. Según las estadísticas de la Oficina de Control de Calidad del MEP (2007); al analizar por objetivos el rendimiento académico de los estudiantes, éste 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 propuesta es desarrollar 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 sea una alternativa innovadora e importante. Además de ello, la integración de experiencias de aprendizaje dándole al estudiante la posibilidad de visualizar conceptos y aplicaciones concretas, y ejercitarse en las temáticas de manera interactiva, caracterizan al tutor virtual con un enfoque pedagógico que combina de forma no integral el constructivismo y el conductismo. Se busca incluir en la herramienta multimedia diversos módulos donde algunos de ellos pongan mayor énfasis en el estímulo-respuesta del estudiante y otros que tenderán a apropiarse de ciertas características más de corte constructivista.

En su diseño se parte del supuesto que los estudiantes ya tienen un conocimiento general de la materia en la cual serán evaluados, sin embargo, es necesario enfatizar ciertos procedimientos y tipos de razonamientos mediante ejercicios y ejemplos. La interface de la aplicación recurrirá a la utilización de una metáfora y un personaje (asistente virtual) respondiendo

a uno de los principios multimediales señalados por Colvin y Mayer (2000); el principio de la personalización, el cual enfatiza la necesidad de utilizar un estilo conversacional (informal) y asistentes virtuales, ya que diversos estudios han demostrado que las personas se esfuerzan más por comprender la información, cuando sienten que se encuentran conversando, en lugar de simplemente, recibiendo esa información.

El tutor virtual que se desarrollará con este proyecto, 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 matemática 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 a desarrollar, 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.

En el presente trabajo se exponen los resultados obtenidos de la primera etapa de desarrollo de este sistema, que se circunscribe en un diagnóstico aplicado a una muestra de noventa estudiantes de enseñanza media y diez profesores de secundaria, con el propósito de determinar las necesidades y requerimientos de la población objetivo, ante las características de diseño educativo, comunicacional e informático del tutor virtual.

2. OBJETIVOS

2.1 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 matemática.

2.2 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.

3. MARCO TEÓRICO

A continuación se presenta el fundamento teórico en el cuál 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 dar luz a los resultados del proceso metodológico aplicado hasta la fecha. Lo anterior significa que aún es necesario ampliar este marco de referencia con otras teorías que alimentarán la toma de decisiones e interpretación de resultados, en las etapas sucesivas de la metodología utilizada.

3.1 Estilos de aprendizaje

Uno de los elementos en los cuáles tuvimos interés de indagar dentro del marco metodológico producto de este trabajo, se fundamenta en la identificación de los estilos de aprendizaje predominantes en la muestra de estudiantes participantes de la etapa diagnóstica. 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 define 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 del sistema que se pretende desarrollar con este proyecto, es un aspecto esencial como punto de partida en las decisiones pedagógicas de las actividades o experiencias de aprendizaje a diseñar. Bajo esta perspectiva, se ha hecho necesario elegir teóricamente un modelo de clasificación de estos estilos. Las investigaciones más importantes en este tema han sido desarrolladas por los autores Entwistle (1981), Honey y Mumford (1986) y Fleming (1987).

El modelo más conocido y utilizado actualmente es el de Honey y Mumford, adoptado más recientemente por Catalina M. Alonso, Domingo J. Gallego y Peter Honey (1999) y en el cuál nos hemos basado para la presente investigación. De acuerdo a 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 de 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.

3.2 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 “aquél 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 video educativo exige la consolidación de grupos interdisciplinarios conformados por pedagogos y profesionales de la comunicación.

Para efectos de esta investigación el video educativo constituye 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 elaborarán como producto de este proceso, se sustentan 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.

3.3 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 bajo 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 y 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, utilizando el *Geometer's Sketchpad 3.0*.

Con esta propuesta se pretende elaborar un tutor virtual que 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 del tutor, 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.

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

Actualmente se ha completado 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, cuyos resultados se presentan en este trabajo. Mediante esta prueba de necesidades y requerimientos, docentes y estudiantes pudieron plasmar sus percepciones respecto a las necesidades que debería satisfacer la aplicación en desarrollo. Para llevar a cabo el diagnóstico se estructuraron y aplicaron dos instrumentos por parte de los investigadores; uno dirigido a docentes y el otro a estudiantes (ver anexo). Los instrumentos fueron revisados y validados por el Dr. Edwin Chaves Esquivel especialista en estadística de la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 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 nuestro interés 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 bajo 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 estudio se fundamentó en el uso de estadística descriptiva (por el tamaño de la muestra), recurriendo a medidas de tendencia central como el promedio y la moda (el dato que más se repite), a la desviación estándar (medida de dispersión) y al uso de porcentajes.

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1 Generalidades

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

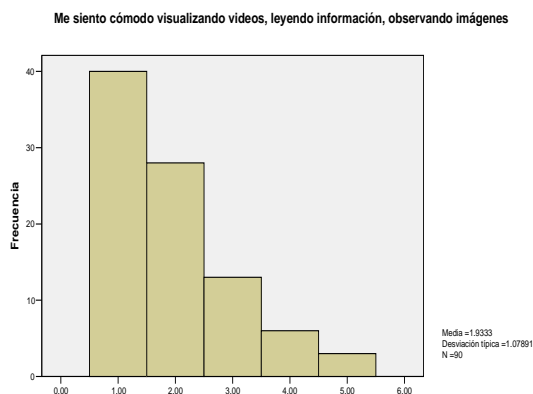
- El 37.8% estaba compuesto por hombres y el 62.2% por mujeres.
- Un 33.3% eran residentes del catón de Tibás de San José y Santo Domingo de Heredia, un 33.3% residentes del centro Heredia y el 33.3% restante, residentes de la zona rural Corralillo ubicada en Desamparados de San José.
- Las edades de los participantes oscilaron entre los 16 y 20 años, predominando en la mayor parte de los aprendices una edad 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.
- Con relación a 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.

4.2.2 Estilos de aprendizaje

En este punto nuestra principal hipótesis se sustentó en suponer un predominio de los estilos de aprendizaje *activo* y *pragmático* explicados 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 cuanto al uso de medios multimediales en su aprendizaje:



4.2. Presentación de los resultados del análisis

4.2.1 Descripción de la muestra

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 con relación al 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*).

4.2.3 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 cuáles se hizo incapié 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 datos complementarios, 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	Se encuentra cargado de simbolismo y los estudiantes no dominan la teoría de conjuntos
Criterio de asociación de una función	Uso excesivo de notaciones simbólicas
La clasificación de funciones en: inyectiva, sobreyectiva y biyectiva	Los alumnos carecen de sentido abstracto
Análisis de gráficas	Ausencia de recursos didácticos

Función cuadrática	Los estudiantes aprenden muchas “recetas” y no logran comprender adecuadamente el tema
Función logarítmica	No dominan este tema pues tiene serias dificultades cognitivas en procedimientos algebraicos y se dificulta explicar lo que es un logaritmo pues el tema es muy teórico

Del mismo modo los estudiantes manifestaron:

Contenido	Justificación
Concepto de función	La explicación fue muy rápida y confusa
Criterio de asociación de una función	Uso excesivo de notaciones simbólicas
La clasificación de funciones en: inyectiva, sobreyectiva y biyectiva	Es un tema muy enredado
Análisis de gráficas	Hicimos muy pocas gráficas y se duraba mucho tiempo
Función cuadrática	No entendí cuándo tenía que utilizarlas
Función logarítmica	No lo entendí porque nunca lo utilicé

Será fundamental poner especial énfasis en estos contenidos para el diseño del multimedia producto final de esta investigación, además de la necesidad palpable en las respuestas anteriores, de integrar elementos visuales que faciliten la interpretación y el análisis de gráficas y aplicaciones de las funciones.

4.2.4 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, competencias, 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.

Baja esta perspectiva, estos resultados justifican la construcción del tutor virtual para el estudio de las funciones, dado que éste permitirá 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 estimulen una mayor interacción de los estudiantes con los contenidos que aprenden.
- El tutor ofrecerá espacios para el análisis dinámico de gráficas y sus interpretaciones.
- Permitirá al alumno recibir diversas explicaciones de un mismo tema, cuantas veces considere necesario.
- El sistema contemplará tanto la resolución de ejercicios como de problemas.

Consideramos como investigadores que el uso de videos educativos (tal y como se describieron en la sección 3.2) ofrecerán las pautas de solución para desarrollar un sistema que integre 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 el aprendizaje de las funciones.

4.2.5 Requerimientos del sistema multimedia

Los docentes participantes del cuestionario, brindaron una serie de recomendaciones de requerimiento para el sistema que pretendemos desarrollar con este proyecto, 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 y constructivista.
- Que posea ayuda para el usuario.
- Que sea claro, concreto y presente muchos ejercicios resueltos.

Estos resultados nos han permitido verificar que nuestra idea general sobre las características del sistema, sí son concordantes con las necesidades sentidas por sus posibles usuarios.

4.2.6 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 futuro uso. Principalmente los docentes se muestran escépticos ante el tema, pues sienten en el sistema 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.

4.3 Estado actual de la investigación

Se ha finalizado la etapa de diagnóstico y la escritura de un texto para abordar el estudio de las funciones (el texto constituye la plataforma base de desarrollo del tutor). En la actualidad a manera de ensayo y error los investigadores de este proyecto, nos encontramos explorando distintas alternativas para la edición de vídeo, presentación de la información, selección del contenido y diseño en general de la metáfora y los o el asistente (personajes) virtual. Para términos de esta propuesta, se entenderá como metáfora la ambientación informática que dará vida al entorno (en términos de su diseño gráfico), mediante el cual el estudiante emprenderá el estudio del tema de las funciones. La metáfora contempla el o los escenarios virtuales de aprendizaje, el uso de personajes o asistentes virtuales y todos aquellos elementos necesarios para volver más amigable e interactivo al tutor. En particular el tutor virtual abordará 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.

Al tener finalizado el sistema multimedia para la validación de cada uno de los módulos de la aplicación, 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 se realizarán una por cada módulo finalizado, esto con el objetivo de ir validando el tutor virtual por etapas, depurando poco a poco el producto final.

Las pruebas de usabilidad contemplarán como mínimo los siguientes aspectos: diseño, contenido, interfase, navegación, claridad de las explicaciones, calidad de la edición de vídeo y valoración pedagógica del producto.

Como una última etapa de validación, al finalizar 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.

5. CONCLUSIONES

Mediante el análisis de los resultados se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El sistema multimedia debe integrar actividades y experiencias de aprendizaje que respondan a los estilos de aprendizaje *activo* y *pragmático*.
- El tutor virtual pondrá énfasis en los siguientes contenidos: concepto de función, criterio de asociación de una función, clasificación de las funciones de acuerdo a su dominio y codominio, análisis de gráficas y los tipos de funciones cuadráticas y logarítmicas.
- La visualización se ha detectado como una necesidad del multimedia, tanto para la interpretación y análisis de gráficas, como para comprender las aplicaciones de la teoría de funciones.
- El tutor virtual es una necesidad sentida en la muestra de estudiantes y docentes participantes, a la luz de las necesidades y limitaciones manifestadas en el ejercicio de su práctica profesional.
- 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.
- El sistema a desarrollar debe ser: interactivo, usable, conductista en algunas de sus secciones y constructivista en otras. Debe tener además, una buena ayuda y presentación y, aplicaciones concretas de la teoría de las funciones.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Alonso, C., Gallego, D. y Honey P. (1999). Estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora. Universidad de Deusto. Ed. Mensajero. Bilbao.
- [2]. Bravo, L. (1996). ¿Qué es le video educativo? [En línea] <http://www.dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=635693&orden=77183> [20 de julio del 2008].
- [3]. Castro A. & De Faria, E. & Ezpeleta, V. (1998). Introducción a la aplicación Geometry en Memorias del Primer Festival de Matemáticas. Murillo M. Edición No 1. I.T.C.R. Costa Rica; pp. 61-70.
- [4]. Gutiérrez, G. & Martínez, M. (2002). Tesis: Aplicaciones del programa El Geómetra en la enseñanza del tema de Funciones en secundaria. Universidad Nacional.
- [5]. Inzunza, D. (2004). Video educativo: elemento inherente de tendencias globales. [En línea]<http://www.sapiens.net/html/ejemplos/sociedad/sapiens/comunidades/ejemplosociedad1nsf/unids/Video%20educativo_%20elemento%20inherente%20de%20tendencias%20globales/1446868F31443C0641256FAF00628DD82d8e.html?opendocument> [22 de julio del 2008].
- [6]. Meza, G. (1999). Enseñanza y aprendizaje de las funciones con apoyo de Geometer's Sketchpad en Memorias del I Congreso Internacional de Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora. Espinoza, J. Edición No. 1 I.T.C.R. Costa Rica. pp. 12-19.