EL DISEÑO Y USO DE JUEGOS DE PC EN EL APRENDIZAJE Y CONSOLIDACIÓN DE TEMAS MATEMÁTICOS.

Daniel Veiga
Universidad Abierta Interamericana-República Argentina
dveiga@gmail.com

Área temática: Investigación Educativa
Palabras Clave: diseño- juegos- programación- Visual Basic

Resumen:
La disponibilidad de computadoras personales plantea el problema del uso y ventaja que se pueda obtener de ellas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este trabajo se plantea la posibilidad de usar la herramienta informática como generadora de situaciones problemáticas para el aprendizaje de los alumnos. La utilización del diseño de juegos de PC estimula la comprensión de conceptos matemáticos y físicos como ecuaciones lineales y cuadráticas y tiro oblicuo. Los resultados obtenidos fueron altamente satisfactorios y especialmente estimulantes en cuanto nos abren un campo muy interesante de aplicaciones

Introducción:

La expansión de la disponibilidad de computadoras para el gran público, ha traído aparejado (y no podía ser de otra manera) una enorme cantidad de aplicaciones a la resolución de problemas matemáticos.
En primer lugar se ha destacado la producción y puesta a punto de utilitarios que resuelven de manera extremadamente eficiente, una gran variedad de algoritmos de todo nivel, desde elementales hasta sofisticados.
En segundo lugar se dispone hoy de una oferta considerable de software graficador para funciones y todo otro tipo de curvas.
Hoy el acuerdo sobre la utilidad del software en el aprendizaje de la matemática es prácticamente general, lo que se manifiesta en la abundancia -en la bibliografía accesible- de experiencias de cátedra en las que se ha hecho uso de la nueva tecnología en la enseñanza de nuestra disciplina.
La utilidad de esta tecnología para que los alumnos aprendan los conocimientos matemáticos se asume en variados sentidos. Y en este aspecto el acuerdo dista mucho de ser general. Es común entenderlo sólo como una herramienta que colabora en la facilitación de los algoritmos, utilidad que no podemos subestimar dado que una de las trabas habitualmente mencionadas para el aprendizaje de la matemática es justamente lo difícil y tedioso de algunos algoritmos clásicos. Respecto de esto nunca se estimará en demasía la facilitación de la operatoria para ayudar al aprendizaje.
Por otro lado representa un aporte importantísimo al debate la reflexión sobre el papel que puede jugar el software en el aprendizaje, apuntando a la creación de “conflictos cognitivos” en la mente del estudiante, entre la “imagen conceptual” en que se asienta su conocimiento del concepto (“imagen conceptual” que no se identifica con la “definición conceptual” del mismo) y la experiencia de su trabajo con el material didáctico.
Fundamentación:
Los trabajos de David Tall [1] y sus diversos colaboradores son altamente positivos en orden a facilitar el tránsito (en la mente del estudiante) desde el comienzo del abordaje de un concepto hasta que se lo pule y apresta para su uso eficiente.
En su artículo “Concept image and concept definition in Mathematics with particular reference to Limits and Continuity”, Tall define la imagen conceptual como “la estructura cognitiva total que está asociada al concepto y que incluye todos los cuadros mentales y propiedades y procesos asociados. Se construye a lo largo de años a través de experiencias de todo tipo, cambiando según el individuo se enfrenta a nuevos estímulos y madura”
Por su parte Carvalho y Giraldo [2] desarrollan el enfoque de Tall considerando el conflicto teórico-computacional para enriquecer la formación de la imagen conceptual en general y [3] en particular aplicando ese enfoque al análisis de la comprensión del concepto de derivada por parte de alumnos universitarios en Brasil
Estos trabajos nos han sugerido la posibilidad de emplear la computadora como disparadora del crecimiento intelectual del alumno, en la medida en que no se limite a usarla de modo algorítmico sino que encuentre en ella un “enfrentamiento” que exija vencer una dificultad. En tal sentido hemos intentado tomar el diseño de un juego de PC que modelara el tiro oblicuo en el vacío, en nuestro caso diseñado en Visual Basic 6.0, como disparador de tal crecimiento en dos temas como son los
sistemas de ecuaciones y las rudimentos de geometría analítica para la matemática.

Por supuesto que el trabajo involucraba también la cinemática del tiro oblicuo para la física. Para ello los alumnos han dispuesto la libre consulta del clásico libro de Resnick-Haliday [4].
Y finalmente una tercera competencia que es la programación requerida para el diseño del juego propiamente dicho. Para ello los alumnos han tenido a su disposición el manual editado por Microsoft Corporation para el trabajo con visual Basic 6.0 [5]
Desarrollo:
Hemos tratado de hacer confluir las tres problemáticas para que las encararan alumnos de la carrera de sistemas que cursan su primer cuatrimestre.
La idea fundamental del trabajo fue una doble articulación de la utilidad del programa creado: la utilidad para el usuario (al que se supone alumno de secundaria) y la utilidad para el diseñador (al que se supone alumno de nivel universitario, si bien inicial en este caso).
Por un lado el usuario tiene dos niveles de utilización del juego, puede usarlo de modo "ingenuo" simplemente por tanteo. Entonces podemos verificar si las características del juego son atractivas para el alumno de secundaria. En este nivel, se puede jugar sin que se requiera de conocimientos teóricos sino de la capacidad de empezar a jugar y simplemente llevar adelante una estrategia que le permita capitalizar su habilidad e "instinto" para mejorar su performance.
Por otro lado el usuario también puede encarar el desafío de predecir resultados en cuyo caso deberá apelar a la resolución de ecuaciones (sistemas de ecuaciones lineales de 3x3 y ecuación de segundo grado).
Pero el aporte principal del diseño del programa se da para el alumno diseñador que ha debido resolver un conjunto de problemas y dificultades que con toda seguridad habrán estimulado el desarrollo de su compresión de los temas involucrados. Por un lado para diseñar una modelización del tiro oblicuo en el vacío deberá manejar con soltura los conocimientos del tema, no limitándose a conocer un par de ecuaciones. Por otro lado deberá encontrar la solución a cada uno de los problemas matemáticos que se le planteen al diseñar el juego.
Ellos no serán solamente dificultades de la programación (que sin ninguna duda estarán presentes) sino también y principalmente desafíos para encontrar la manera de diseñar los algoritmos que le permitan brindar al usuario toda la información necesaria y hacer "amigable" el programa (en el sentido de hacerlo accesible a un uso no experto del mismo) y, más aún, de preparar las utilidades que le sirvan al docente que use el juego con sus alumnos, para decidir la corrección o incorrección de las soluciones propuestas por los usuarios (obviamente de los usuarios que podríamos denominar "expertos", en contraposición a los que usan el juego sólo de modo intuitivo).
EL JUEGO DISEÑADO PARA MODELAR EL TIRO OBLICUO EN EL VACÍO.
NIVEL 1
Se presenta ante el usuario una pantalla en la que aparecen una grilla que funciona como ejes y escalas de coordenadas y tres círculos de colores distintos. Uno de ellos representará el proyectil. Los otros dos representarán los extremos del "cañón", que estarán unidos por un segmento que trazará el usuario simplemente oprimiendo el mouse con la flecha o puntero en el lugar deseado, luego desplazándolo y finalmente dejándolo libre otra vez.. Estos dos procesos son nombrados en Visual como "mouse down" y "mouse up", que podríamos traducir libremente como "bajar el mouse" y "subir el mouse" entendiéndose que se refiere a subir y bajar el botón principal del mouse que se esté utilizando.
El usuario simplemente llevará la flecha o puntero del mouse hasta un punto cualquiera de la pantalla, lo bajará ("mouse down") luego lo arrastrará sin soltar hasta un punto que considere adecuado (ahora aclararemos en qué sentido es adecuado) y finalmente, una vez llegado a ese punto elegido, soltará el mouse de modo que se produzca el "mouse up". Con ello habrá trazado un segmento que va desde el punto en que bajó el mouse hasta el punto en que lo soltó. El extremo inicial resultará ocupado por uno de los círculos de la pantalla y el extremo final por otro como se dijo más arriba.
Ahora bien, la longitud de ese segmento y el ángulo que forma con el eje horizontal son los que definen al tiro oblicuo que acaba de disparar el usuario. La longitud representa el módulo de la velocidad inicial y el ángulo representa, trivialmente, el ángulo de disparo respecto de la horizontal.
El proyectil comienza su desplazamiento apenas se suelta el botón del mouse, describiendo una trayectoria parabólica. Si el proyectil alcanza el suelo "estallará" (lo que se representará con un despliegue de círculos de los que se espera que tengan el valor icónico adecuado). El usuario podrá evitar la "explosión" si predice adecuadamente el lugar de llegada del proyectil al suelo. En caso de hacerlo deberá escribir el número correspondiente a esa abscisa de llegada en un cuadro de texto disponible a la derecha de la pantalla (rotulado convenientemente). Con ello ubicará el "dispositivo de seguridad" representado por un rectángulo de color en

la abscisa indicada. Si el proyectil impacta en ese “dispositivo” no explotará, lo que significará que el usuario ha tenido éxito en su manejo del tiro oblicuo.
Ahora bien ¿cómo puede el usuario predecir el lugar de llegada?
Dijimos que hay un primer nivel de juego en que puede usar su intuición y posicionar el dispositivo de contención simplemente por lo que pueda aprender sobre la relación entre el segmento que traza con el mouse y la trayectoria del proyectil. Esto no es imposible y hemos comprobado en algunos casos que ciertos alumnos han tenido aciertos muy aceptables sin usar ecuaciones ni ningún conocimiento teórico sobre el tema.
En segundo lugar dispone de una forma de deducir la trayectoria del proyectil utilizando el botón de comando “FRENAR-REINICIAR” que, al ser pulsado, detiene el desplazamiento del proyectil y al volver a ser pulsado reinicia la marcha (como indica su nombre).
El botón de detención del desplazamiento, junto con la etiqueta donde aparece la posición del móvil en cada instante (el valor de su “x” y el valor de su “y”) permiten al usuario preparado, determinar la ecuación de la trayectoria. Esto requiere saber que la trayectoria de un proyectil disparado oblicuamente en el vacío es una parábola con eje de simetría vertical. Vale decir que el problema se traduce por el de determinar la ecuación de una parábola de eje vertical conociendo tres puntos distintos de su trayectoria.
Ahora bien dado que el proyectil estallará al llegar al suelo el usuario necesitará saber cuál es el valor de “x” que corresponde al valor nulo de la “y” (el juego tiene definido como altura cero la del borde inferior de la ventana). Es decir, traducido al lenguaje matemático, deberá resolver la ecuación cuadrática que le dé las dos raíces de la parábola. Obviamente (dado que el juego tiene definida la abscisa correspondiente al extremo izquierdo de la pantalla como **cero** y como **positivo** el sentido hacia la derecha de la pantalla y además, como el usuario es invitado a dibujar su “cañón” apuntando hacia la derecha) la mayor de las dos raíces es la que corresponde a la abscisa de llegada.
Sólo faltará escribir el valor deducido para dicha abscisa en la caja de texto correspondiente (que está debidamente rotulada) para que el dispositivo “anti-explosión” se ubique en el lugar deducido para el lugar de llegada.
Si se acertó se verá que proyectil “entra” en el dispositivo sin explotar. Por el contrario si la predicción fue errada el proyectil impactará en el suelo con explosión lo que indicará que el usuario ha fallado en ese intento.
NIVEL 2
En este caso el usuario se enfrentará con una pantalla que tiene un cañón y un blanco en el que deberá impactar. Un botón determinará al azar la ubicación del blanco. El botón está –obviamente- rotulado como “ubicar blanco”, lo que habla por sí solo y al hacerse clic en él se produce el efecto buscado. Si se lo pulsa repetidas veces en cada una de ellas ubicará al blanco en una posición al azar.
Una vez ubicado el blanco el usuario enfrenta dos posibilidades: o bien disparar desde donde está ubicado el “cañón” (fijo para cada inicio del programa) o bien disparar desde un sitio elegido por él. También tiene la opción de ubicar el “cañón” al azar haciendo un clic en el botón “ubicar cañón”).
En cualquiera de los casos podrá intentar hacer blanco “por tanteo” (es decir haciendo algunos disparos con distintos ángulo y rapidez y viendo si puede aprender algo de la dinámica de funcionamiento de este cañón).
Pero también existe otra opción de juego en la cual pide las coordenadas del “cañón” y del “blanco” (hay un botón de comando con el rótulo “coordenadas” que hace aparecer en la pantalla las coordenadas “x” e “y” del cañón y el blanco en la parte inferior de la ventana).
Una vez determinadas las coordenadas el usuario dispondrá de un rango de posibilidades para elegir la rapidez y el ángulo de disparo (por supuesto que con las limitaciones del caso: no cualquier rapidez inicial es compatible con el impacto en el blanco. Con respecto al ángulo quedan claramente prohibidos los valores que correspondan al segundo cuadrante porque eso sólo haría que el proyectil fuera disparado en dirección contraria a la ubicación del blanco y lo mismo pasa con respecto al ángulo.
Por supuesto el “éxito” del disparo estará dado por el impacto del proyectil en el blanco. Pero esto también requiere una precisión. Y ella viene dada por un “combo” en el cual se puede seleccionar el nivel de “tolerancia” para que se considere exitoso el disparo. Y es la distancia mínima que se exige entre los dos centros (el del blanco y el del proyectil) para que haya impacto (es decir para que se desencadene la seguidilla de círculos concéntricos que representan el disparo).
NIVEL 3
En este nivel concretamos el desafío que implica el **diseño** del juego.
El alumno que programe el juego deberá resolver cuestiones de dos tipos distintos:
1) cómo presentar la ventana, simbolizar los distintos “objetos” involucrados, proporcionar

las utilidades para el ingreso de los datos del disparo, **modelar** el tiro oblicuo en función de los datos ingresados..Todas ellas vinculadas al diseño del programa en su aspecto de **programación**.

2) deducir relaciones entre los parámetros del disparo que permitan facilitar la comunicación con el usuario, diseñar las planillas de cálculo que permitan la corrección de resultados de los posibles problemas relacionados con el tiro oblicuo. Por ejemplo encontrar la relación entre los datos de tres puntos distintos cualesquiera en la trayectoria y el lugar de impacto. Vale decir debe encontrar la fórmula que vincule dichos puntos (en forma general) con el valor del lugar de impacto. Todo ello vinculado al aspecto matemático y físico del problema.

LA PRODUCCIÓN DEL MATERIAL

Se conformaron tres grupos de trabajo que tuvieron en época de clases una reunión periódica. Se explicitaron las características del programa que se pretendía obtener. Se realizó la búsqueda de bibliografía. Se intercambiaron las primeras propuestas de las cuales se aceptaron dos, que son las que finalmente se concretaron en los dos niveles de juego.

El trabajo se hizo consultando a los docentes de programación cada vez que se lo estimó necesario.

EL TESTEO DEL MATERIAL

Respecto del testeo diremos que fue doble. Se lo usó por parte de alumnos de nivel secundario en sus niveles 1 y 2. Y en este testeo los alumnos diseñadores colaboraron en la evaluación de dos aspectos: el nivel de interés despertado en los usuarios y el nivel de estímulo que significaba para ellos en cuanto al aprendizaje y consolidación de los temas de física (tiro oblicuo) y de matemáticas (sistemas de ecuaciones lineales y parábola) .

La respuesta de los usuarios fue, en general, de buena aceptación del material. Pensamos que una parte de esa aceptación derivó, no sólo del material, sino también de la motivación previa de los participantes.

Resultados:

Básicamente el desafío del presente trabajo consistía en encontrar la manera de evaluar el efecto que el trabajo de diseño necesario para crear el juego tenía sobre la comprensión y su profundización en la mente del alumno.

Respecto de los alumnos diseñadores se diseñó un cuestionario sobre los competencias personales en dos etapas: antes de iniciado el trabajo y al finalizar el trabajo de diseño.

Respecto de los alumnos usuarios de secundaria se diseño un cuestionario respecto de la percepción del trabajo, del juego y de su participación en él.

HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN PARA DISEÑADORES

Se preparó el siguiente cuestionario, basado en las tareas que esperaban a los alumnos diseñadores del proyecto.

CUESTIONARIO PARA DISEÑADORES

1) Las dos primeras ecuaciones del movimiento en un tiro oblicuo son:

Se supone que el tiro se efectúa desde el nivel del suelo y a esa misma altura impactará al final de su desplazamiento (lo cual se traduce en el igual valor de ambos términos independientes en cada ecuación).

a) Se pide determinar la altura máxima y el alcance del disparo.

b)Se pide encontrar la ecuación de la trayectoria.

2) Se pide deducir la ecuación de la trayectoria de un proyectil con tiro oblicuo en el caso general, suponiendo que la altura del disparo es cero.

3) Conociendo tres posiciones sucesivas de un proyectil con tiro oblicuo (disparado desde el suelo) se pide encontrar la ecuación de la trayectoria.

4) Se pide encontrar la fórmula para identificar el lugar de impacto en un tiro oblicuo (donde el lugar de disparo y el de impacto están a la misma altura) conociendo sólo tres puntos sucesivos de la trayectoria.

Los resultados para los diseñadores.

Se aplicaron los cuestionarios a tres grupos de alumnos programadores, integrados por 3, 2 y 2 alumnos.

Se indican en la siguiente tabla los desempeños de los alumnos diseñadores en las dos etapas de la encuesta: anterior y posterior al diseño del juego.

Como rótulos de las columnas figuran los números de ítem consultado. Como rótulo de las filas figuran los números arbitrarios asignados a los alumnos intervinientes. A la izquierda de cada celda se indica con una “B” la respuesta correcta y con un guión la falta de respuesta o bien la respuesta incorrecta respecto de la etapa anterior al diseño. Con la misma simbolización se indica a la derecha de cada celda el desempeño posterior al diseño.

Alumnos	1a		1b		2		3		4		Grupo
1	B	B	-	B	-	-	-	B	-	-	
2	B	B	-	B	-	-	-	B	-	B	I
3	-	B	-	B	-	-	-	B	-	-	
4	-	B	-	-	-	B	-	B	-	-	
5	-	B	-	B	-	-	-	B	-	B	II
6	B	B	-	B	-	-	-	B	-	-	
7	-	B	-	-	-	B	-	B	-	B	III

Cuestionario para alumnos usuarios
Se elaboró un cuestionario con 3 preguntas para ser respondidas con una respuesta numérica que expresaba los **niveles de conformidad** con el trabajo.
Encuesta para los usuarios de nivel secundario
1) cuál es su grado de conformidad con el interés que provoca el juego presentado en una escala de 1 a 4 representando 1 el nivel más bajo de aceptación y 4 el nivel más alto
2) cuál fue su grado de elaboración conceptual en el desarrollo del juego en una escala de 1 a 4 representando el 1 el desempeño puramente intuitivo y el 4 el desempeño puramente conceptual.
3) cuál fue su mejora de su comprensión del tema en una escala de 1 a 4 representando el 1 una mejora nula y el 4 una mejora muy significativa, según lo percibe usted
Los resultados para los usuarios.
Se indican en la siguiente tabla los resultados de la encuesta a los usuarios de secundaria.

Pregunta	Resp. 1	Resp. 2	Resp. 3	Resp. 4
1	1 alumno	3 alumnos	4 alumnos	1 alumno
2	3 alumnos	2 alumnos	1 alumno	0 alumno
3	2 alumnos	2 alumnos	2 alumnos	0 alumno

CONCLUSIONES
Las tablas anteriores muestran, por un lado, las dificultades de los alumnos de nuevo ingreso para la manipulación de la operatoria con fórmulas generales, dándose varios casos en que aún el trabajo intenso con las ecuaciones no eliminó la dificultad para ese desempeño.
Pero al mismo tiempo señala que el trabajo en el diseño tuvo un efecto sensible en la mejora conceptual y de manejo para quienes habían trabajado en el diseño del juego. Si bien en algunos casos no fue posible superar la dificultad del enfoque general, esto no nos lleva a sacar conclusiones pesimistas sino a profundizar el trabajo con este enfoque.
En el futuro se encarará el diseño de otro juego y la continuidad de la oferta a los usuarios no expertos con el fin de incrementar los aspectos que lo hagan más atractivo puliéndolo a través de las críticas, observaciones y sugerencias de dichos usuarios no expertos. Obviamente no es sencillo conseguir este resultado teniendo en cuenta la gran disponibilidad en cuanto a calidad y cantidad en el mercado de los juegos de pc.
Referencias Bibliográficas:
[1] David Tall “Concept image and concept definition in Mathematics with particular reference to Limits and Continuity” (Publicado en *Educational Studies in Mathematics*, 12, 151–169, 1981
[2]Giraldo V., Tall, D. O., Carvalho, L. M., (2003). Using Theoretical Computational Conflicts to Enrich the Concept Image of Derivative. *Research in Mathematics Education*, vol. 5, pp. 63–78.
[3] Giraldo, V., Carvalho, L. M. & Tall, D. O. (2003). Conflitos Teórico-Computacionais e a Imagem Conceitual de Derivada. In L.M. Carvalho and L.C. Guimarães, *História e Tecnologia no Ensino da Matemática*, vol. 1, pp. 153-164, Rio de Janeiro, Brasil.
[4]Resnick , Robert ; Halliday , David ; Krane , Kenneth S.. Física. 4a. ed.-- México, DF : Compañía Editorial Continental, c1993. v.1
[5] Microsoft Visual Basic 6.0 manual del programador.-- Madrid : McGraw-Hill, c1998.
Cornell, Gary. Visual Basic 6.0 : manual de referencia.-- Madrid : Osborne/McGraw-Hill.