

Matemáticas basadas en Proyectos, Software de Animación, Robots, Lenguajes de Programación y Cámara Digital

Manuel Escalante Teresita Montañez Cinhtia González Michel García

Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Matemáticas, Unidad Multidisciplinaria Tizimín

Calle 48B Num. 207 x 31. Centro.

Tizimín, Yucatán, México

+52 (986) 863 3036

{manuel.escalante, monmay, gsegura, michel.garcia} @uady.mx

RESUMEN

Se describen diversos ambientes de aprendizaje para impartir cursos obligatorios del área de matemáticas en la licenciatura en Ciencias de la Computación de la Universidad Autónoma de Yucatán, donde el estudiante desarrolla proyectos que le ayudan a visualizar problemas reales empleando herramientas tecnológicas como el software de animación SCRATCH, los robots LEGO NXT, el lenguaje de programación Matlab y la Cámara Digital. En la construcción progresiva de dichos proyectos el alumno va conociendo, manejando y entendiendo los principales conceptos, definiciones y teoremas de sus asignaturas de matemáticas. Se muestran ejemplos de proyectos finales y ejercicios realizados por los estudiantes. Se presenta un análisis comparativo dentro del periodo 2001 a 2010 que muestra el impacto favorable que ha tenido la incorporación de tecnología para incrementar el porcentaje de aprobación de los cursos. Además se explica como se ha iniciado la extrapolación de esta experiencia académica en el nivel educativo medio superior.

Categorías y Descriptores

D.3.2 [Programming Languages]: Language Classifications—*Scratch, LEGO NXT-G, Matlab*; D.3.m [Programming Languages]: Miscellaneous K.3.2 [Computers and education]: Computer and Information Science Education—*Computer science education*.

Términos Generales

Algorithms, Experimentation, Human Factors, Languages.

Palabras clave

Aprendizaje, Matemáticas, Proyectos, Lenguajes de Programación, Software de Animación, Robots, Cámara Digital, Porcentaje de Aprobación.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tecnología está presente en toda actividad realizada por el hombre. La educación no es la excepción, aunque en América-latina la introducción de la tecnología ha sido lenta sobre todo en el área de matemáticas; las investigaciones y experiencias actuales avalan la importancia de su uso [3], [5], [6], [12]. Ya no se discute sobre su necesidad y utilidad, sino sobre la mejor forma de usarlas y las ventajas que ofrece su utilización en el proceso de enseñanza-aprendizaje, pensando en los nuevos modelos educativos que pretenden poner como columna vertebral del proceso de enseñanza-aprendizaje al estudiante y no al docente. La creación de ambientes de aprendizaje con tecnología propicia un mayor contacto, intercambio y participación de los

estudiantes. El uso de técnicas didácticas como el aprendizaje basado en proyectos (ABP) permiten confrontar de manera directa al estudiante con el contenido de enseñanza, esto tiene como consecuencia que el alumno logre “aprender haciendo”, esta técnica didáctica a demostrado en muchas ocasiones su utilidad [1], [9], [11], [13], [14]. Este artículo describe brevemente la forma de utilizar la metodología dinámica ABP, así como el uso de herramientas tecnológicas tales como el software de animación SCRATCH, los robots LEGO NXT, el lenguaje de programación de Matlab, la cámara digital para impartir los cursos obligatorios de matemáticas de licenciatura en Ciencias de la Computación de la Universidad Autónoma de Yucatán, aprovechando las habilidades con las que ingresan los estudiantes a la carrera, que en un 95% cuenta con un bachillerato de perfil tecnológico. Además se muestra de que manera esta metodología ha impactado en los índices de aprobación de las asignaturas, se presenta un análisis comparativo de los resultados obtenidos de 2001 a 2010. Al final se describen el trabajo que se está realizando actualmente con profesores del nivel educativo medio superior.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS CURSOS

Durante el transcurso de la licenciatura, el alumno debe cursar siete asignaturas obligatorias del área de matemáticas puras: Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Cálculo Vectorial, Álgebra Superior I, Álgebra Superior II, Ecuaciones diferenciales y Probabilidad. En las dos primeras, desde el año 2005 se ha podido implementar la técnica didáctica ABP e introducir paulatinamente las tecnologías ya mencionadas. El objetivo general de los cursos de cálculo en nuestra Facultad de Matemáticas es muy similar al de cualquier carrera de ingeniería de América latina y consiste en que el estudiante conozca, maneje, entienda y aplique los principales conceptos, definiciones y teoremas del Cálculo. Esto se ha logrado introduciendo el siguiente esquema de actividades, además de las tradicionales:

- Durante los meses de julio y agosto los alumnos de nuevo ingreso toma tres talleres obligatorios uno de robótica (LEGO NXT), otro de animación (Scratch) y otro de programación básica (Matlab), 20 horas para cada taller.
- Los primeros días de clase, por medio de la proyección de videos, se plantean al alumno problemáticas reales en diversas áreas (ciencia, industria, comercio, salud, etc.), donde interviene la tecnología (computadoras, robots, cámaras digitales, etc.) como apoyo. Se le menciona a los estudiantes que las matemáticas que se desarrollarán durante el curso junto con la herramienta tecnológica que

- aprendieron a manejar en los talleres le permitirán resolver dichos problemas
- Inmediatamente después los alumnos forman equipos de trabajo de tres individuos (en algunas ocasiones surge un equipo de dos o cuatro integrantes).
- A continuación se realiza un análisis del papel que juega el profesional de las ciencias de la computación en las diversas situaciones planteadas y se pide a los estudiantes que visualice las soluciones y las exponga al grupo.
- Al terminar las actividades anteriores se definen los proyectos que se realizarán y se les designa un nombre.
- El profesor les comunica el tiempo que tienen para desarrollar cada proyecto, justificando esta disposición.
- De manera progresiva, a lo largo de curso cada equipo va proponiendo soluciones a las problemáticas planteadas de cada proyecto, en caso que exista alguna dificultad con la tarea el profesor retroalimenta y propone junto con los alumnos mejoras ó cambios a las soluciones o bien a la tecnología utilizada.
- En los tiempos establecidos para entregar sus proyectos cada equipo expone su propuesta o solución final, explicando la justificación matemática de la que se sustenta su solución y presenta generalmente en más de una herramienta tecnológica la implementación de su solución.

Una de las actividades más enriquecedoras tiene lugar cuando se realiza la retroalimentación de cada proyecto, es un momento de crecimiento para ambas partes (alumno y profesor). Durante esta etapa, el alumno propone ideas originales basadas generalmente en el método del ensayo y error, con lo cual resuelven parcialmente los problemas planteados. Este es el momento adecuado para sugerirle al alumno que considere algunos conceptos matemáticos para complementar su solución.

A continuación se dará una descripción de nueve de los proyectos más relevantes de los cursos impartidos. Los primeros cuatro proyectos corresponden al curso de cálculo diferencial y los cinco restantes al curso de cálculo integral.

3. DESCRIPCIÓN DE PROYECTOS

La realización de proyectos durante los cursos permite llevar a la práctica los conceptos teóricos abordados durante los mismos, ya que estos proyectos permiten que el estudiante valore la utilidad de los conocimientos adquiridos durante las clases. Además, lo anterior despierta en el estudiante un interés por la investigación y la búsqueda de soluciones que generen nuevo conocimiento. Debido a que los jóvenes se integran en equipos para desarrollar los proyectos, esto permite que desarrollen y pongan en práctica valores y actitudes tales como: la honestidad, respeto, creatividad, responsabilidad, solidaridad y trabajo en equipo.

3.1 Simulador de trayectorias poligonales 2D de robots transportadores

El proyecto consiste en lograr la simulación de trayectorias sencillas como son las líneas rectas partiendo de las posibles aplicaciones que esto tiene en la vida real. La implementación inicia con el modelado de las trayectorias y finaliza con la programación en entornos simulados y reales. El proyecto se realiza en el curso de cálculo diferencial. Las actividades realizadas son las siguientes:

- Proyección de los videos “fábrica sistematizada por robots móviles” y “laboratorio clínico robotizado”. Los videos ilustran aplicaciones reales en las que se aplica el tema en cuestión. Véase Figura 1.
- Una primera solución propuesta se basa en la utilización de sensores ultrasónicos o de luz. Véase Figura?
- En papel (Figura 2) los estudiantes realizan el modelado de trayectorias utilizando conceptos de geometría analítica, trigonometría, funciones real-valuadas y funciones paramétricas para líneas rectas.
- Utilizando el software Scratch [8] los estudiantes animan las trayectorias previamente modeladas. Véase Figura 3.
- Se implementan las trayectorias en un ambiente real utilizando los robots LEGO NXT [4] y el entorno de programación gráfico de la misma compañía. Figura 4.
- Simulación de trayectorias utilizando el lenguaje de programación de Matlab [7]. Véase Figura 5.

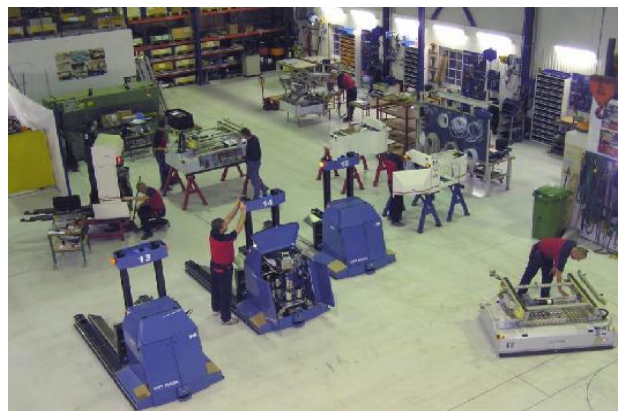


Figura 1. Imagen del video proyectado

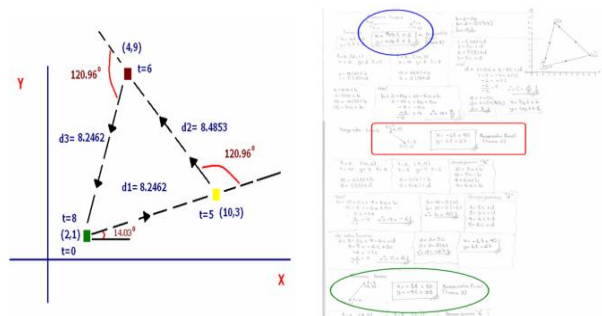


Figura 2. Modelado con funciones paramétricas

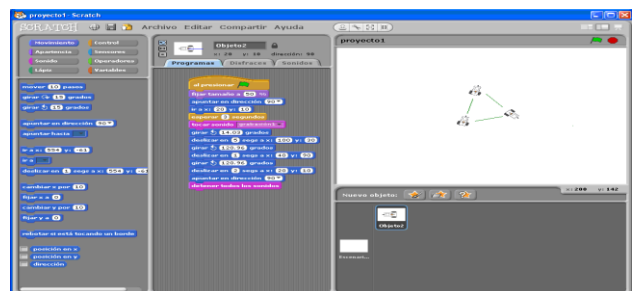


Figura 3. Simulación de la trayectoria en Scratch

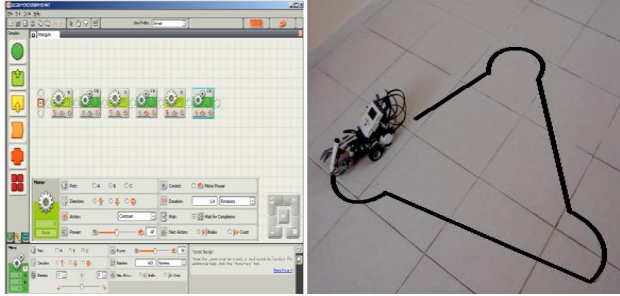


Figura 4. Implementación con robots LEGO NXT-G

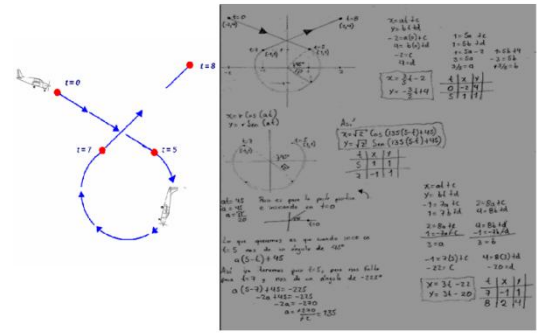


Figura 6. Modelado de funciones paramétricas

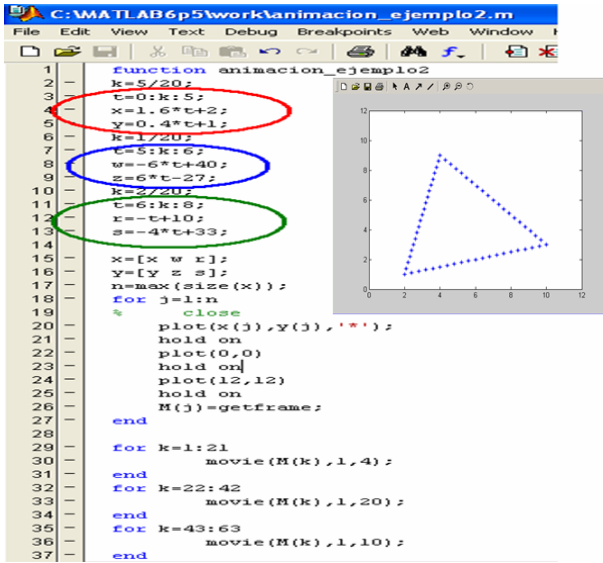


Figura 5 Simulación de la trayectoria en Matlab

3.2 Simulador de la trayectoria 2D de un avión en vuelo

El proyecto consiste en lograr la simulación de trayectorias mas complejas como son las circunferencias y las elipses partiendo de las posibles aplicaciones que esto tiene en la vida real. El proyecto se realiza en el curso de cálculo diferencial. Las actividades realizadas son las siguientes:

- Proyección del video “Videojuego CLOUD SOLDIER” en el que se observan diversas trayectorias recorridas por objetos del videojuego.
- Una primera solución propuesta se basa en representar a los círculos con pentágonos regulares y las elipses con hexágonos simétricos. Véase Figura?
- Modelado de trayectorias en papel, utilizando funciones paramétricas para líneas rectas, circunferencia y elipses. La Figura 6 ilustra los cálculos realizados.
- Animación de las trayectorias modeladas, utilizando el software Scratch. Ver Figura 7.
- Simulación de trayectorias utilizando el lenguaje de programación de Matlab. Ver Figura 8.

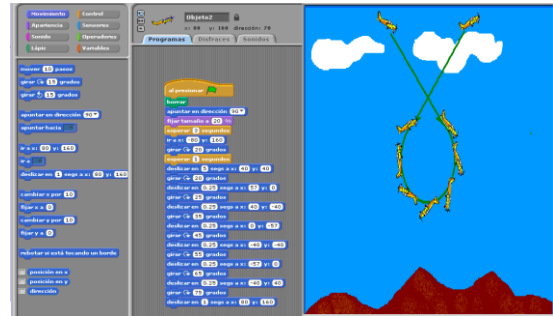


Figura 7. Animación de trayectorias en Scratch

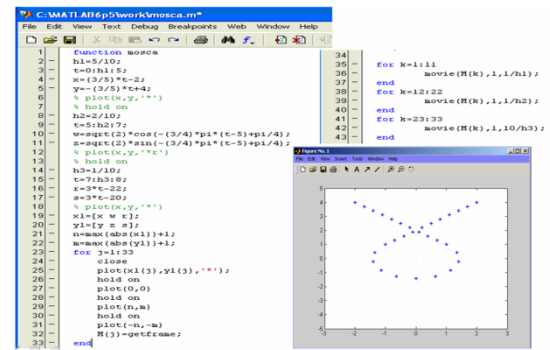


Figura 8. Simulación de trayectorias en Matlab

3.3 Simulador del Zoom de una cámara digital

El objetivo de este proyecto es que por medio de la simulación y la geometría el estudiante logre comprender el concepto de límite definido por Weierstrass [10]. El proceso de acercamiento denominado zoom que se encuentra implementado en una cámara digital o en la computadora ilustra de manera natural dicho concepto. El proyecto se realiza en el curso de cálculo diferencial. Las actividades que se realizan son las siguientes:

- Proyección de los videos “Operación ocular con rayo láser” y “micro-soldadura de tanques de combustible con brazo robótico”.
- Una primera solución propuesta se basa en la utilización del ensayo-error para determinar un delta “d” adecuado, dado un épsilon “e”, esto para un polinomio de grado uno y para un polinomio de grado dos.
- Modelado del proceso de acercamiento a un punto que esta sobre una curva (curva representada por una función polinómica de grado n), utilizando funciones y la definición de Límite según Weierstrass (epsilon-delta).

- f) Simulación del Zoom de una cámara digital utilizando el lenguaje de programación de Matlab.
Las dos últimas actividades se ilustran en la Figura 9.

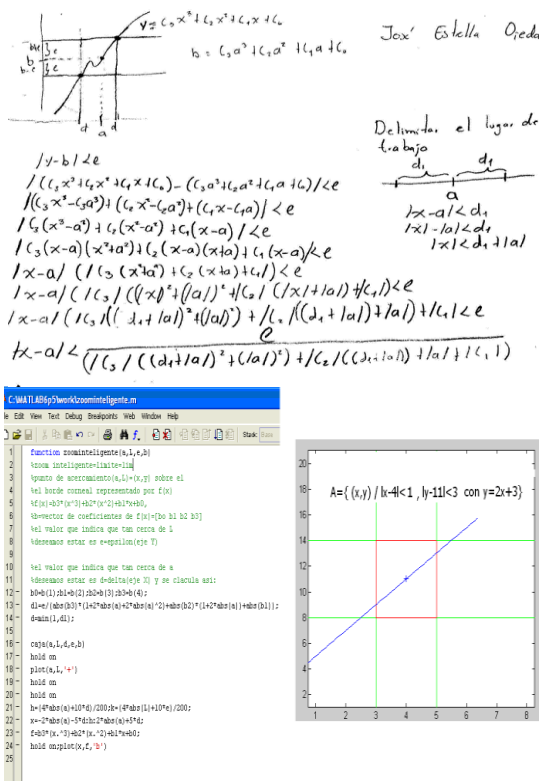


Figura 9. Modelado en papel y simulación en Matlab

3.4 Prototipo robótico de trayectorias 2D tangenciales

EL objetivo de este proyecto es que el alumno descubre la importancia de las trayectorias tangenciales cuando un objeto sigue un camino suave no lineal (camino con curvas). El proyecto se realiza en el curso de cálculo diferencial. Las actividades que se realizan son las siguientes:

- Proyección de los videos “fábrica sistematizada por robots móviles” y “laboratorio clínico robotizado”.
- Una primera solución propuesta se basa en la utilización del ensayo-error para determinar el ángulo necesario para pasar en forma tangencial en cada punto de la trayectoria.
- Modelado de trayectorias tangenciales, utilizando funciones paramétricas, funciones rectangulares y la derivada de una función. Ver Figura 10.
- Implementación del recorrido de las trayectorias con los robots LEGO NXT. Ver Figura 11.

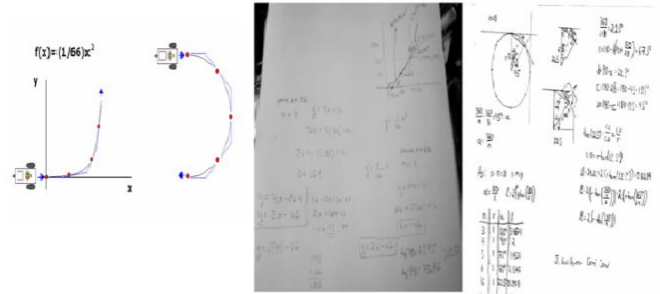


Figura 10. Modelado de las trayectorias tangenciales

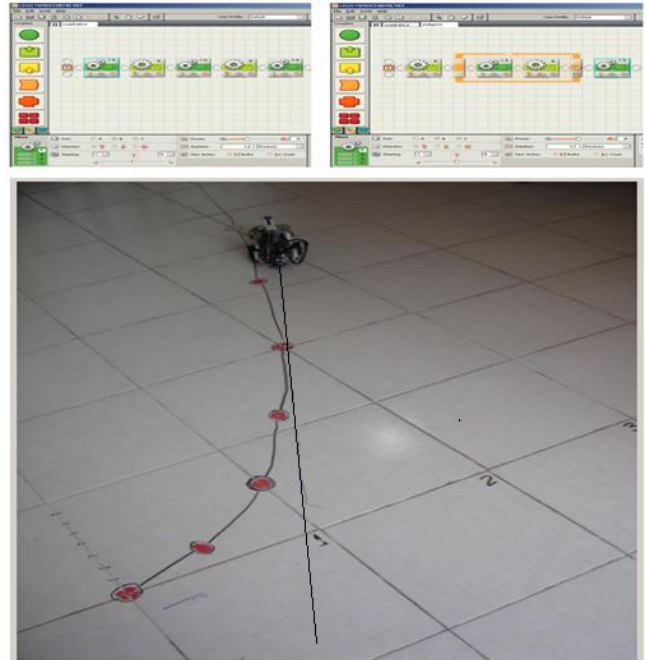


Figura 11. Implementación en robots LEGO NXT

3.5 Simulador de la trayectoria 2D tangencial de un avión que aterriza

El proyecto consiste en lograr la simulación de trayectorias mas complejas con un efecto real es decir el objeto en movimiento se encuentre en posición y dirección adecuada. El proyecto se realiza en el curso de cálculo integral. Las actividades realizadas son las siguientes:

- Proyección del video “Aterrizaje en piloto automático de un avión”
- Modelado de trayectorias, utilizando funciones paramétricas, funciones rectangulares, derivada de una función, antiderivada de una función. Ver ilustración en Figura 6.
- Animación de trayectorias utilizando el software Scratch.
- Simulación de trayectorias utilizando Matlab.

La Figura 7 ilustra lo realizado en las actividades c y d.

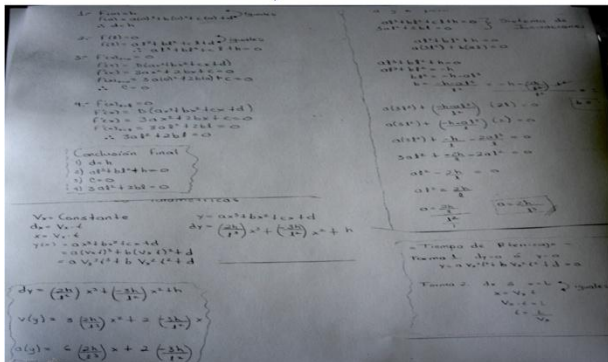


Figura 12. Modelado de la trayectoria tangencial

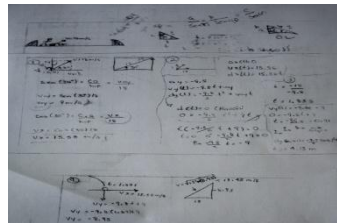
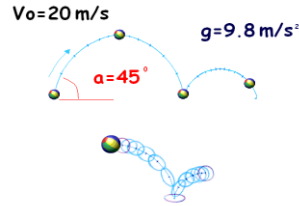


Figura 14. Video proyectado y cálculos del modelado

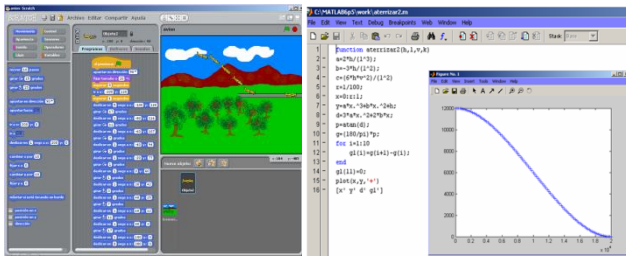


Figura 13. Simulación en Scratch y Matlab

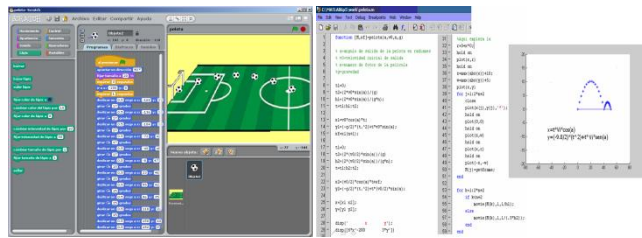


Figura 15 Animación en Scratch y Matlab

3.6 Simulador de fenómenos relacionados con caída libre y tiro parabólico para cualquier gravedad propuesta

Este proyecto es similar al 3.5, pretende simular de manera real dos fenómenos como son la caída libre y el tiro parabólico utilizados de manera frecuente en la programación de videojuegos, una de las áreas de su práctica profesional como futuros egresados de la licenciatura. El proyecto se realiza en el curso de cálculo integral. Las actividades realizadas son las siguientes:

- Proyección de los video “animación de pelota rebotando”.
- Modelado de tiro parabólico y caída libre, utilizando funciones paramétricas, funciones rectangulares, derivada de una función, antiderivada de una función.
- Animación de los fenómenos utilizando el software Scratch
- Simulación de los fenómenos utilizando el lenguaje de programación Matlab.

La actividad b se ilustra en la Figura 14 y la Figura 15 corresponde a las actividades c y d.

3.7 Sistema Automático de Cálculo de Áreas

El objetivo de este proyecto consiste en desarrollar un sistema que recibe una foto de un objeto que deseamos calcular su área y de forma automática el sistema nos proporciona una excelente aproximación al área del objeto. Este proyecto permite introducir al estudiante de manera natural al concepto de integral definida según Riemann [10]. El procesamiento digital de imágenes es un área de las ciencias computacionales que nos permite abordar el concepto de manera sencilla. El proyecto se realiza en el curso de cálculo integral. En este proyecto se realizan las siguientes actividades:

- Proyección del video “ultrasonido de mujer embarazada” y “elaboración de planos de terrenos”.
- Una primera solución propuesta se basa en la utilización de figuras como triángulo, rectángulos para dar una buena aproximación al área del objeto.
- Modelado que permita calcular áreas irregulares basándose en cuadrados cada vez más pequeñas, esto es el concepto de límite según Riemann (integral definida).
- Elaboración de un sistema que proporcione una buena aproximación al área de una figura irregular basándose en una imagen digital de la figura real, utilizando una cámara digital y el lenguaje de programación de Matlab.

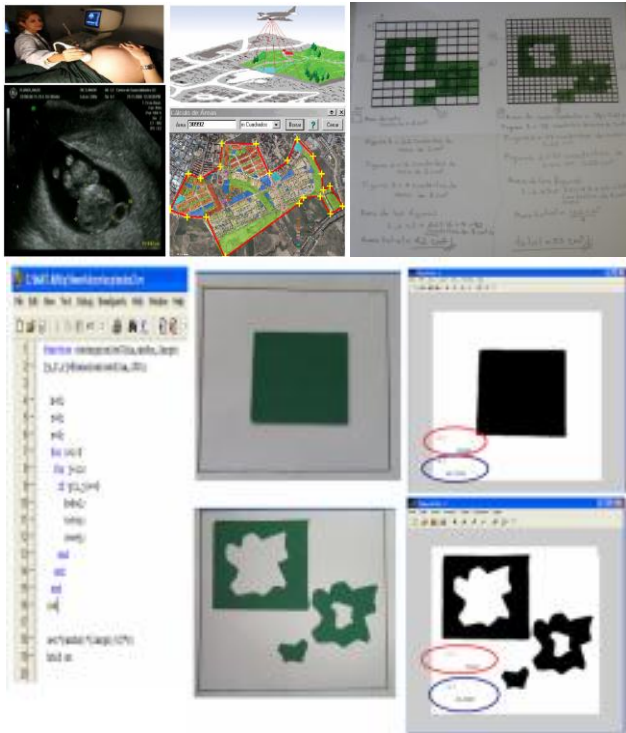


Figura 16. Video y simulaciones del proyecto

3.8 Sistema Automático de Cálculo de Masa y Centro de Masa

El objetivo de este proyecto consiste en desarrollar un sistema que recibe una foto de un objeto que deseamos determinar su masa y centro de masa para poder levantarlo sin correr el riesgo de que se resbale. En este proyecto se muestra una aplicación del área de visión artificial utilizada de manera frecuente en la industria automotriz. El proyecto se realiza en el curso de cálculo integral. En este proyecto se realizan las siguientes actividades:

- Proyección del video “ensamblaje de automóviles”.
- Una primera solución propuesta para el cálculo de masa se basa en la utilización del proyecto anterior para calcular el área y esta área multiplicarla por un grosor (definido con anterioridad). Ahora para hallar el centro de masa una primera propuesta es encerrar al objeto en la figura geométrica (triángulo, rectángulo, polígono regular o irregular) más parecida ya que estas figuras su centro de masa es fácil de determinar.
- Modelado para el cálculo de la masa y centro de masa de un objeto con masa distribuida uniformemente y no uniformemente, utilizando la suma de Riemann, integral definida, el teorema del valor medio para integrales y la Ley de Momentos (física), temas correspondientes al curso de cálculo integral.
- Se realiza un sistema que proporcione una buena aproximación a la masa y centro de masa de un objeto con masa distribuida uniformemente y no uniformemente basándose en una imagen digital de un objeto real, utilizando una cámara digital y el lenguaje de programación de Matlab.

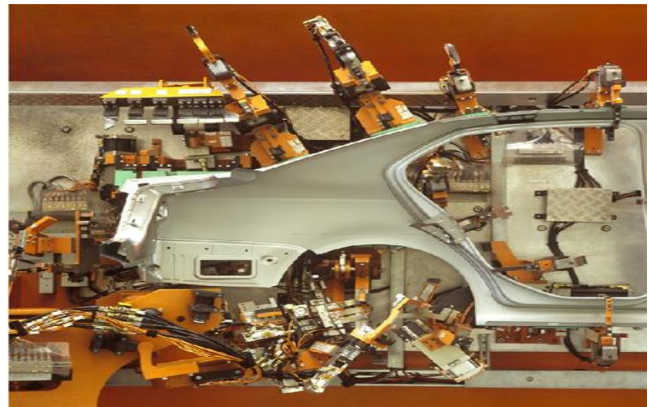


Figura 17. Video de ensamblaje de automóviles

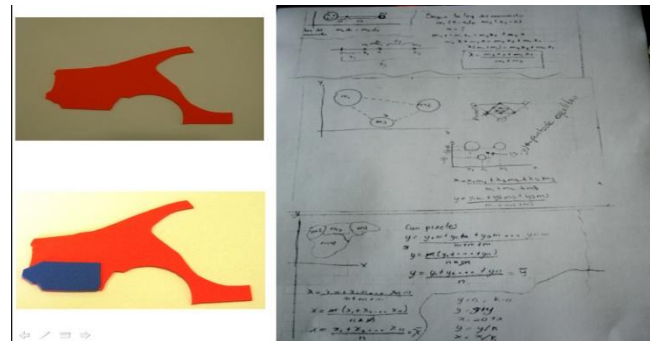


Figura 18. Modelado del cálculo de la masa y su centro

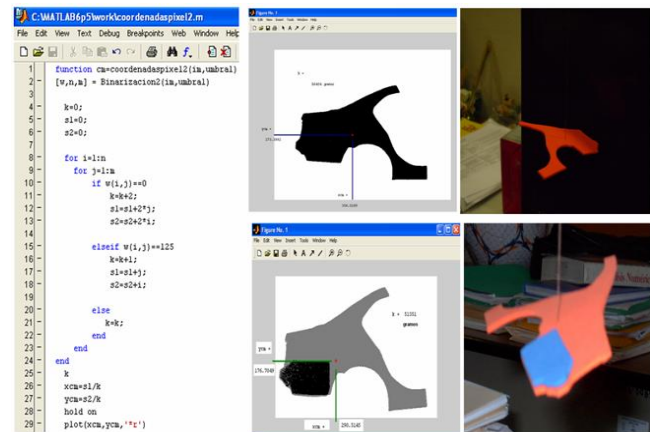


Figura 19. Aproximación de la masa de un objeto y su centro

3.9 Sistema Automático de Reconstrucción 3D basado en tres fotos

El objetivo de este proyecto consiste en desarrollar un sistema que recibe tres fotos en diferentes posiciones (frente, lado y arriba) de un objeto que deseamos reconstruir tridimensionalmente. En este proyecto se muestra una aplicación del área de graficas por computadora utilizados de manera frecuente en la arqueología, arquitectura, criminalística etc

Este proyecto permite introducir al concepto de integrales dobles, tema que se profundiza en el curso de Cálculo Vectorial. Con algunos grupos, no con todos, se ha tenido tiempo de trabajar en él. Para este proyecto se realizan las siguientes actividades:

- Proyección del video “Reconstrucción de piezas arqueológicas”.
- Modelo que le permita calcular el volumen de un objeto basándose en tres imágenes de el (frente, lado, arriba).
- Sistema que proporcione el volumen y la reconstrucción 3D del objeto basándose en tres imágenes de el (frente, lado, arriba), utilizando una cámara digital y el lenguaje de programación Matlab.

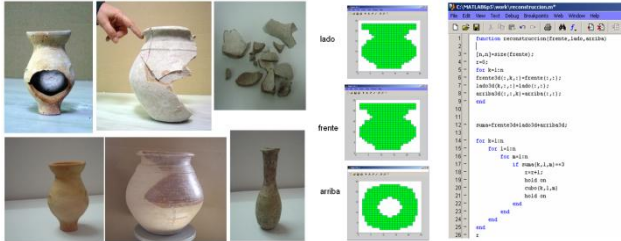


Figura 20. Video proyectado y modelado del objeto

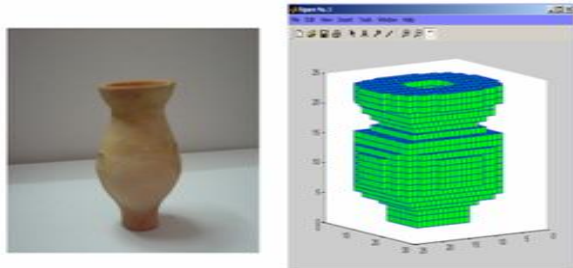


Figura 21. Reconstrucción en 3D del objeto original

Es importante mencionar que los proyectos 3.1 y 3.7 fueron implementados inicialmente en talleres dirigidos a estudiantes del último año del nivel medio superior con gran éxito, en las Jornadas de Computación y Matemáticas de nuestra institución, un evento que se realiza anualmente y cuyo propósito es divulgar la ciencia y la tecnología en los diversos niveles educativos. Lo anterior indica que las estrategias mencionadas pueden ser aplicadas en diversos niveles educativos y no solamente en educación superior.

4. ANÁLISIS COMPARATIVO

Los resultados avalan los beneficios obtenidos al emplear recursos tecnológicos para impartir los cursos. Las estadísticas indican que el promedio general pasó de 58.5 pts. (2001-2005 curso tradicional) a 73.8 pts. (2005-2010 curso con tecnología). El porcentaje de aprobación pasó de 57.3% (2001-2005) a 73.2% (2005-2010), como se muestra en la Tabla 1 y en la Tabla 2.

Otro aspecto que vale la pena mencionar está relacionado con el grado de satisfacción que el estudiante experimenta durante los cursos, el cual no ha sido medido de manera directa aunque se puede percibir en las expresiones e interés demostrado por los estudiantes durante los cursos impartidos. Además, parte de esta satisfacción se refleja en las calificaciones que los estudiantes otorgan al evaluar los cursos mediante encuestas anónimas. En la Tabla 3 se incluyen algunas preguntas de la encuesta de evaluación y sus respectivas calificaciones otorgadas a los cursos de Cálculo Diferencial y Cálculo Integral cuando fueron evaluadas por los estudiantes que las cursaron.

Tabla 1. Calificaciones obtenidas con métodos tradicionales

Año	2001	2002	2003	2004	2005			
Curso	D	I	D	I	D	I	D	I
Alumnos	24	20	20	18	22	12	22	15
Promedio semestral	51	58	66	65	63	58	47	60
% Aprobación sem.	63	55	75	67	41	50	41	67
Promedio método	58.5							
% Aprobación método	57.3							

Tabla 2. Calificaciones obtenidas empleando tecnología

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010				
Curso	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I
Alumnos	21	20	21	21	21	17	18	14	27	26
Promedio semestral	76	69	76	62	70	76	72	83	79	75
% Aprobación sem.	86	55	71	52	71	72	74	86	81	84
Promedio método	73.8									
% Aprobación método	73.2									

Tabla 3. Calificaciones otorgadas por estudiantes a los cursos

	2007		2008		2009	
Aspecto evaluado	I	D	I	D	I	D
Interés y Motivación	90	89	92.2	94.6	92.4	92.8
Uso de ejemplos actuales y útiles	90	92	92.2	96	91.2	95.6
Uso adecuado de tecnología	83.2	90.6	93.2	90.6	92.7	92.2
Relación estudiante-profesor	93.2	89.2	92.4	96	91.5	92.8
Promedio general de la evaluación	87.6	89.8	91.2	93.4	90.2	90.8

El promedio general de la evaluación que se incluye en la Tabla 3 considera las 35 preguntas de la encuesta de evaluación, aunque en dicha tabla únicamente se detallan las preguntas relacionadas con los aspectos de satisfacción incluidos en dicha encuesta.

5. CONCLUSIONES

Considerando los aprendizajes logrados con ayuda de todas las actividades realizadas por los estudiantes y el profesor durante los cursos, se pueden observar los siguientes beneficios:

- Estudiantes interesados, motivados, productivos, que valoran la utilidad de los conocimientos adquiridos en clase, consientes de la responsabilidad inherente en el uso adecuado de tales conocimientos.
- Profesores más comprometidos por renovar sus conocimientos, no sólo en su área de investigación si no en el área enseñanza – aprendizaje (convencidos de los beneficios).
- Alumnos y Profesores satisfechos.

Las desventajas que se han presentado se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Los alumnos tienen una mayor carga de trabajo (aproximadamente un 30% más), debido a los cursos extras y los proyectos que tienen que desarrollar.
- El profesor tiene una mayor carga de trabajo (aproximadamente un 50% más) ya que requiere invertir tiempo en investigar temas tales como: técnicas de enseñanza, uso de tecnología en la educación, las competencias profesionales de los futuros egresados.

6. TRABAJO PRESENTE Y FUTURO

Actualmente se está capacitando a un grupo de 10 profesores de nivel medio superior de nuestra comunidad (Tizimín, Yucatán) para la utilización de robots, software de animación, lenguajes de programación, la cámara digital y la estrategia de enseñanza aprendizaje basado en proyectos en asignaturas del área de matemáticas, física e informática, pues se ha constatado que utilizando los ejemplos adecuados se consiguen resultados excelentes. Además, se está trabajando en la elaboración de un programa de diplomado que tenga como base la utilización de este tipo de tecnologías, dirigido a profesionales de la educación, con la intención de beneficiar a un mayor número de profesores. Internamente se trabaja en la adopción de estas ideas en las demás asignaturas del área de matemáticas puras de nuestra licenciatura.

7. REFERENCIAS

- [1] Aliane N., Bemposta S., Fernández J., Egado V. 2007. Una experiencia práctica de aprendizaje basado en proyecto en una asignatura de robótica. Actas de las XIII Jornadas de Enseñanza universitaria de la Informática, pp. 139--144. Madrid, España.
- [2] Arlegui, Javier. Pina, Alfredo. 2010. Enseñanza-aprendizaje constructivista a través de la Robótica Educativa. CiDd: II Congreso Internacional de DIDÁCTICAS. URL: <http://www.udg.edu/portals/3/didactiques2010/guiacdII/ACABADES%20FINALS/269.pdf>
- [3] Doswell J., Mosley P. 2006. An innovative approach to teaching robotics. In Proc. 6th IEEE Int. Conf. on Advanced Learning Technologies, pp. 1121--1122. Kerkrade, Netherlands.
- [4] Floyd, James. 2007. LEGO Mindstorms NXT-G Programming Guide. Technology in Action Press.
- [5] González C., García M., Montañez T., Escalante M. 2009. Cálculo Diferencial con Aprendizaje por Proyecto empleando Matlab y Robots LEGO NXT. Memorias de la Conferencia Conjunta Ibero-americana sobre Tecnologías para el Aprendizaje 2009, pp. 118--127. Mérida, México.
- [6] Gawthrop P., McGookin E. 2006. Using Lego in control education. In Proc. 7th IFAC Symp. Advances in Control Education, pp. 31--38. Madrid, Spain.
- [7] Haubold, A. 2007. Matlab for first-year college engineers, *Frontiers In Education Conference - Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports*, 2007. FIE '07. 37th Annual , vol., no., pp.F1H-7-F1H-12, 10-13 Oct. 2007. doi: 10.1109/FIE.2007.4418108
- [8] Malan, David J., Leitner, Henry H. 2007. Scratch for Budding Computer Scientists. SIGCSE'07, Covington, Kentucky, USA.
- [9] Sitio web de la McMaster University, URL: <http://www.chemeng.mcmaster.ca/pbl/pbl.htm>
- [10] Spivak M. 1998. Cálculo infinitesimal. 2a Ed. Ediciones Repla. México.
- [11] Spong M. 2006. Project based control education. In Proc. 7th IFAC Symp. Advances in Control Education, pp. 40--47. Madrid, Spain.
- [12] Tec B., Uc J., González C., García M., Montañez T., Escalante M. 2010: Análisis comparativo de dos formas de enseñar Matemáticas Básicas: Robots LEGO NXT y animación con Scratch. Memorias de la Conferencia Conjunta Ibero-americana sobre Tecnologías para el Aprendizaje 2010, pp. 103--106. Mérida, México.
- [13] Thomas J. 2000. A Review of Research on Project-Based Learning. Tesis Doctoral, Buck Institute for Education, California.
- [14] Universidad de Aalborg, URL: <http://adm.aau.dk/>