

# Aplicación móvil para la animación 3D de un cohete.

**Trabajo Terminal No. \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_**

**Alumnos: \*Cervantes Lara Fabian**

**Directores: Manzanilla Granados Héctor Manuel, Jiménez Ruíz René Baltazar**

**\*e-mail: cervantesfabian.7.9@gmail.com**

**Resumen** - Se construirá una aplicación móvil para Android correspondiente al movimiento de un cohete en tres dimensiones, mediante la creación de un ambiente virtual interactivo y la modelación numérica del método de Runge-Kutta de cuarto orden, aplicado a la solución de un sistema de ecuaciones diferenciales acopladas, que definen las ecuaciones de movimiento correspondientes. El movimiento del cohete describirá trayectorias de corto y largo alcance, por lo que habrá de considerar efectos gravitacionales y fuerzas de Coriolis.

**Palabras clave** - Android, Aplicación móvil, Cohete, Método de Runge-Kutta.

## 1. Introducción

En este documento se establecen las bases de la aplicación móvil para la animación 3D de un cohete, la cual tendrá diversas aplicaciones, principalmente en el área de la animación gráfica tridimensional que podrá ser usada con fines educativos, y fines prácticos como la modelación de fuegos artificiales.

Un cohete es un vehículo que obtiene su empuje por la reacción de la expulsión rápida de gases de combustión desde un motor cohete. Para este trabajo, se diferenciarán los cohetes en dos tipos principales dependiendo de su alcance, siendo los cohetes de largo alcance aquellos que tengan el alcance suficiente para entrar en la órbita baja terrestre, situada entre los 150 km y los 1000 km, y los cohetes de corto alcance aquellos que tengan un alcance menor [1].

Existen diversas fuerzas originadas por la rotación de la Tierra que afectan el movimiento de los proyectiles que se mueven al interior del planeta, este efecto es llamado efecto Coriolis y depende de diferentes factores como la posición del proyectil, la velocidad, la dirección de lanzamiento, entre otros. Este efecto influye en el comportamiento de sistemas dinámicos y en la realización de experimentos en física, aunque se pueden despreciar sus efectos si se considera al planeta como un marco de referencia inercial, como se hará para el caso del cohete de corto alcance, sin embargo, esta consideración ya no tiene validez en el movimiento de un cohete de largo alcance, pues las consecuencias ocasionadas por la rotación terrestre son muy evidentes y afectan en gran medida su trayectoria, para este caso también se considerará la variación de la aceleración de la gravedad según la altura [2].

La animación gráfica tridimensional, como la que se propone para la visualización e interacción con la trayectoria del cohete, permite al usuario una mejor abstracción, interacción y exploración de las características del objeto. Estas ventajas que ofrece la visualización tridimensional ya han sido aprovechadas en otros proyectos, como es el caso del sistema móvil de virtualización, edición y visualización de objetos 3D desarrollado como trabajo terminal en la ESCOM, pero que no han sido enfocados en la animación gráfica tridimensional de un problema de la física [3].

Otra área de aplicación potencial es la pirotecnia, la cual, pese a que ha tenido en el ámbito mundial grandes avances en el uso de técnicas y tecnologías, en nuestro país aún se utilizan técnicas artesanales y se vive en un retraso tecnológico por lo menos de cincuenta años con respecto a países como China, España, Italia, Estados Unidos, Brasil y Argentina, varios de los cuales han creado sus propios sistemas [4]. En este trabajo sentamos las bases para resolver en un futuro un software relacionado con este tipo de problema.

Existen diversos sistemas y aplicaciones que tienen características y funcionalidades similares al propuesto en este documento, por lo que a continuación, en la Tabla 1, se muestran algunos de los sistemas similares que se han desarrollado, desde trabajos terminales en la ESCOM y otras aplicaciones que se encuentran disponibles en la web.

SOFTWARE	CARACTERÍSTICAS
Rocket launch challenge.	Aplicación web gratuita para la simulación en dos dimensiones del lanzamiento de un cohete, que consiste en un juego que tiene como

	propósito lograr que un cohete llegue lo más alto posible de modo que alcance una altura de 400 km respecto del suelo. En esta aplicación el aprendiz varía los parámetros de la masa, el empuje y el arrastre del cohete [5]. En esta simulación no se toman en cuenta los efectos gravitacionales y el tiro es vertical, lo cual simplifica mucho la solución del problema.
Laboratorio virtual de simulación de tiro parabólico con tecnologías web bajo el paradigma de educación basada en web.	Trabajo Terminal de la ESCOM, el sistema es una aplicación web que permite al estudiante visualizar tareas, materiales propuestos, ejercicios prácticos de demostración, y evaluaciones de conceptos teóricos y prácticos, así como la simulación del Tiro Parabólico en dos dimensiones. Todo esto con el fin de apoyar la enseñanza de la Física, particularmente de la cinemática [6]. En este caso la solución corresponde a un tiro parabólico donde las soluciones de las ecuaciones de movimiento son muy bien conocidas.
Cohete – simulation, animation – eduMedia.	Aplicación web que simula la secuencia de lanzamiento de un cohete, y los datos principales del vuelo están disponibles. Visualiza la secuencia completa de una puesta en órbita de un satélite y visualiza las 4 principales características de un lanzamiento (peso de la lanzadera, altitud, velocidad, empuje). Es necesario pagar la licencia de eduMedia (\$2,699.00 por año, licencia individual) para tener acceso [7].
Aplicación móvil para la animación 3D de un cohete (Solución Propuesta).	En nuestra propuesta se plantea resolver el problema de un cohete, con un ángulo de salida variable, lo cual puede estar en 3D. Las variables del cohete serán la masa, la velocidad de salida de los gases, la velocidad inicial del cohete, resistencia al aire, gravedad y fuerzas externas constantes, también se considerarán los efectos de la rotación de la Tierra, que derivan en las fuerzas inerciales de Coriolis. La trayectoria del cohete se mostrará en una animación tridimensional, para un cohete tanto de corto alcance como de largo alcance. Este simulador tendría aplicaciones para fines didácticos y prácticos. La solución a este problema implica resolver un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales acopladas.

**Tabla 1.** Resumen de Productos Similares

Como se puede observar en la Tabla 1, los tres sistemas que se encontraron en internet se caracterizan porque son aplicaciones empleadas únicamente para PC sin ser compatibles con dispositivos móviles, también se puede observar que una de ellas tiene un costo y que no realizan la representación visual del cohete en 3D y en cuanto al TT se estudia un caso de tiro parabólico que no representa el movimiento de un cohete.

En cuanto a la bibliografía se encontró un artículo educativo del año 2015 (A.V. Kraff, et al.[8]) donde se resuelve de manera exacta el problema del movimiento de un cohete con características de entrada similares a las que proponemos, sólo que en este caso de estudio se resolvió el problema únicamente con salida vertical, sin tener en cuenta los efectos gravitacionales de largo alcance, ni el efecto de rotación de la Tierra. A diferencia, nuestro proyecto resolverá el problema de un lanzamiento inclinado, en cualquier dirección en general, esto implica que las ecuaciones diferenciales por resolver forman un sistema de tres ecuaciones acopladas, lo cual requerirá de un método numérico adecuado, además, en nuestro trabajo, se pretende implementar un ambiente gráfico tridimensional con animación para el estudio de la trayectoria, este ambiente gráfico es de gran relevancia ya que será útil para la animación gráfica tridimensional de otro tipo de problemas de la física a través de una aplicación móvil.

## 2. Objetivo

Realizar una aplicación móvil que simule el movimiento tridimensional de un cohete, con un medio virtual interactivo, que permita modificar los parámetros de entrada y estimule la imaginación 3D de los usuarios, además de estudiar la aplicación de la tercera ley de Newton, la conservación del momento lineal en la simulación del desplazamiento del cohete, los efectos de la rotación de la Tierra y de la gravedad en trayectorias de largo alcance.

### 3. Justificación

En diversas ocasiones puede resultar complejo el entendimiento del comportamiento de ciertos elementos y fórmulas en un problema de Física, particularmente en un problema que presenta una elevada complejidad por sí mismo, como lo es el problema del lanzamiento inclinado en cualquier dirección de un cohete. Con el propósito de visualizar de una forma más dinámica e interactiva dicho problema, se propone la realización de un sistema móvil que muestre una animación gráfica de forma tridimensional de la trayectoria del lanzamiento del cohete, de manera que, al ver su comportamiento de forma gráfica, y poder interactuar con las variables que gobiernan el desplazamiento, será mucho más sencillo comprenderlos.

Pese a que, como ya se vio previamente, existen otros sistemas con un propósito similar, a diferencia de nuestro trabajo, la mayoría de estos no realizan la visualización en una animación tridimensional y están limitados únicamente a PC o web, mientras que nuestro sistema busca desarrollarse para dispositivos móviles, particularmente dispositivos con el sistema operativo Android. Además, este proyecto se plantea de modo que podrá dar pie a futuros proyectos aplicados en la construcción de un laboratorio virtual de física en dispositivos móviles, con animación virtual tridimensional, sistema que aún no existe en el Politécnico.

### 4. Productos o Resultados esperados

La aplicación contará con el ambiente gráfico tridimensional para la animación del movimiento de un cohete. Para la evaluación de TT1 se contará con el prototipo del sistema interactivo de animación gráfica tridimensional del movimiento de un cohete de corto alcance. Para TT2 se añadirá al prototipo la capacidad de realizar la misma funcionalidad para un cohete de largo alcance.

Durante la investigación y el desarrollo del proyecto se desarrollará un manual de usuario y un reporte técnico para el entendimiento del sistema y la facilitación al soporte.

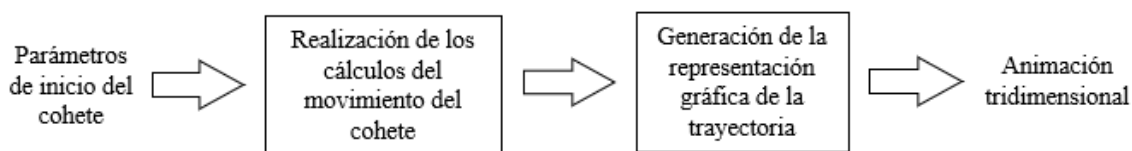


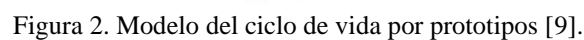
Figura 1. Arquitectura del Sistema

Productos finales esperados:

1. El código del sistema.
2. Reporte final del trabajo terminal.
3. Manual técnico.
4. Manual de usuario.

### 5. Metodología

Se planea desarrollar el software utilizando el modelo basado en prototipos, en este se inicia con la definición de los objetivos globales para el software, luego se identifican los requisitos conocidos y las áreas del esquema en donde es necesaria más definición. Este modelo se utiliza para dar al usuario una vista preliminar de una parte del software. El prototipo es la creación de una implementación parcial de un sistema, para el propósito explícito de aprender sobre los requerimientos del sistema ya que si el usuario no está conforme con una parte del prototipo se deben hacer las correcciones pertinentes hasta que el usuario quede satisfecho [9].



- No modifica el flujo del ciclo de vida.
- Reduce el riesgo de construir productos que no satisfagan las necesidades.
- Reduce costo y aumenta la probabilidad de éxito.
- Este modelo es útil cuando se conocen los objetivos generales para el software, pero no identifica los requisitos detallados de entrada, procesamiento o salida.
- Es útil cuando se quiere probar una arquitectura o tecnología.
- Útil cuando se requiere rapidez en el desarrollo.

CRONOGRAMA Nombre del alumno(a): Cervantes Lara Fabian TT No.:  
Título del TT: Aplicación móvil para la animación 3D de un cohete.

Actividad	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Estudio del estado del arte										
Modelación del cohete de corto alcance										
Planteamiento de las ecuaciones de movimiento del cohete de corto alcance										
Solución numérica al problema de las ecuaciones del cohete de corto alcance										
Desarrollo de funciones y requerimientos del ambiente gráfico										
Programación del ambiente gráfico										

tridimensional en java										
Pruebas de simulación										
Reingeniería										
Evaluación de TT I										
Modelación del cohete de largo alcance										
Desarrollo de funciones y requerimientos del cohete de largo alcance										
Programación de la animación del cohete de largo alcance										
Pruebas de simulación										
Reingeniería										
Análisis de resultados										
Redacción del manual de usuario										
Redacción del manual técnico										
Redacción del reporte final del trabajo terminal										
Evaluación de TT II										

## 7. Referencias

- [1] J.A. Morano Fernández, “Análisis y ejemplos de órbitas circulares”, Departamento de Matemática Aplicada, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, 2019.
- [2] E.D. Guarín, N. Méndez-Hincapié, *Modelización del efecto Coriolis sobre el movimiento de proyectiles de largo alcance*, Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 28, No.1, Jun. 2016, 73-82.
- [3] L.M. Cerón Jaime, E. Flores Sánchez, E.S. Ramírez Hernández, “Sistema móvil de virtualización, edición y visualización de objetos 3D (VIAR)”, Trabajo Terminal, IPN-ESCOM, Ciudad de México, México, 2012.
- [4] Instituto Mexiquense de la Pirotecnia, *Pirotecnia mexiquense. Artesanía de fuego*. 2a ed. Toluca de Lerdo, Estado de México, México: Fondo Editorial Estado de México, 2013.
- [5] The University of Waikato Te Whare Wānanga o Waikato. (2020, April 28). Science Learning Hub Rocket launch challenge [Online]. Available: <https://www.sciencelearn.org.nz/embeds/132-rocket-launch-challenge>
- [6] K. Azuara Muñoz, “Laboratorio virtual de simulación de tiro parabólico con tecnologías web bajo el paradigma de educación basada en web”, Trabajo Terminal, IPN-ESCOM, Ciudad de México, México, 2012.
- [7] eduMedia. Interactive simulations and videos for Science and Math [Online]. Available: <https://www.edumedia-sciences.com/es/media/704-cohete>
- [8] A.V. Kraff, G.S. Vazquez, R.R. Mijangos y J.A. Heredia-Cancino, *Rev. Mex. Fis.* **61** (2015) 6–10.
- [9] Maida, EG, Pacenzia, J. “Metodologías de desarrollo de software”. Tesis de Licenciatura en Sistemas y Computación. Facultad de Química e Ingeniería Fray Rogelio Bacon. Universidad Católica Argentina, 2015.

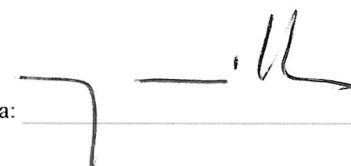
## 8.- Alumnos y directores

*Cervantes Lara Fabian.* - Alumno de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas. Boleta: 2019630397, Tel: 5515733154, email: cervantesfabian.7.9@gmail.com

CARÁCTER: Confidencial  
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108,113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.  
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.

Firma: 

*Dr. Manzanilla Granados Héctor Manuel.* - Profesor titular de la ESCOM, con interés en investigaciones relacionadas con la física educativa y políticas de las TICs. Actualmente es distinguido con la beca SNI I del CONACyT. Tel: 578296000 Ext. 52065. Email: hmanzanilla@ipn.mx

Firma: 

*René Baltazar Jiménez Ruiz.* - Obtuvo el grado de M. en C. en Sistemas Computacionales Móviles en ESCOM, IPN en septiembre de 2015. Obtuvo el grado de Ingeniero en Mecatrónica en UPIITA, IPN en enero de 2011. Es profesor de la academia de sistemas digitales en ESCOM, IPN desde 2015. Áreas de interés: Robots móviles, sistemas mecatrónicos y sistemas digitales. Tel: 57296000 Ext. 52032, 52051. Email: izn\_rjimenez@hotmail.com

Firma: 