

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
ESCUELA DE FÍSICA

---

*ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN*

*PREDICCIÓN DE ECLIPSES*

---

Gabriel Alvarez Castrillo  
Elmer Hernán Barquero Chaves

*San José, 2024.*

# RESUMEN

La predicción de eclipses combina ciencia y cultura, reflejando el avance de nuestras herramientas matemáticas y la comprensión del cosmos. Estos fenómenos han sido parte de la curiosidad humana y su predicción es esencial hoy en día para la investigación astronómica y la planificación de eventos turísticos. Este anteproyecto propone desarrollar un modelo computacional en Python que permita predecir y visualizar eclipses, creando un método innovador que se contrastará con datos de la NASA.

**Palabras Clave:** Astronomía, Divulgación científica, Eclipses, Predicción de eclipses, Problema de los tres cuerpos, Simulaciones en 3D.

# Introducción

## 1.1 Motivación del proyecto

La predicción de eclipses es un tema de interés, tanto científico como cultural, ya que a lo largo de la historia los eclipses han fascinado a la humanidad provocando asombro e interés ante la inmensidad del cosmos. Estos fenómenos han sido interpretados de diversas maneras en diferentes culturas, desde presagios divinos hasta eventos astrológicos.

Por lo tanto, la capacidad de predecir este tipo de eventos no solo demuestra el avance en nuestras herramientas matemáticas y científicas, sino que también refleja nuestra comprensión del universo y las leyes que lo rigen.

En la actualidad, la precisión de los eclipses se ha vuelto parte esencial en nuestras vidas, no solo de interés para la astronomía, la investigación académica y la comprensión de fenómenos atmosféricos, sino también para la planificación de eventos turísticos y culturales, ya que muchas personas viajan a lugares específicos para experimentar estos fenómenos, lo cual promueve la economía local y contribuye a la apreciación y divulgación científica.

Este anteproyecto propone desarrollar un modelo computacional para la predicción y visualización de eclipses, utilizando herramientas matemáticas y simulaciones en 3D en Python.

A través de este enfoque, no solo buscamos replicar los métodos históricos de predicción, sino desarrollar un método propio de predicción y contrastar con datos de la NASA.

# Objetivos

## 1 Objetivo General

Construir un modelo teórico para la predicción de diferentes tipos de eclipses observables desde la Tierra.

## 2 Objetivos Específicos

- Determinar el sistema de ecuaciones diferenciales que describe el comportamiento de los cuerpos en cuestión (Sol, Tierra y Luna).
- Presentar una lista de los próximos eclipses con el lugar, fecha, hora y duración de los mismos.
- Comparar los resultados obtenidos con los de agencias espaciales con el propósito de dar validez a los resultados.

# Estado del Arte

## 1 Artículos de interés

A continuación se mencionan en brevedad artículos y otros textos que se consideran de interés para el desarrollo de esta investigación.

Comenzando con Yang, Lu, and Li (2013) quienes realizan una revisión a modo de resumen de la teoría desarrollada en la dinámica vehicular en los últimos años, dando una guía de los conceptos y relaciones físicas que se deben de comprender para la realización de modelos teóricos más modernos en cuento a la simulación de vehículos en diferentes situaciones. El artículo aclara que el peso o masa suspendida, la suspension (como sistema de resorte-armortiguador) y masa no suspendida (ruedas) como parte esencial en la construcción de un modelado vehicular, además de añadir ideas sobre la dinámica de manejo y conducción. Este artículo es de interés para contextualizar y dirigir el estudio que se debe de realizar para el desarrollo de esta investigación.

Seguidamente, Steffan (2009) presenta un trabajo similar al anterior, no obstante este es mucho más extenso, mostrando con cierto grado de detalle técnicas utilizadas para el modelado vehicular en reconstrucción de accidentes. Steffan (2009) describe las bases con las que se establece un modelo de predicción de la trayectoria vehicular sobre la cinemática de tiempo discreto y un vehículo como un cuerpo rígido expuesto a fuerzas externas. Luego de esto, se mencionan los diferentes modelos a los cuales se puede recurrir para el modelado, además de incluir algunas consideraciones físicas necesarias para la construcción de estos diferentes modelos. Su compendio toca la dificultades que se pueden tener al escoger ciertos métodos/modelos para la reconstrucción del accidente estudiado, dado que algunos de estos requieren variables que difícilmente son conocidas a la hora de la reconstrucción. El trabajo de Steffan (2009) servirá de guía junto con el anterior para dirigir la formulación del modelo teórico a construir en la presente investigación.

Por otro lado, se tiene Bailey, Lawrence, Fowler, Williamson, Cliff, and Nickel (2000) artículo en el cual se agrupan 5 diferentes colisiones controladas con el objetivo de probar una metodología de reconstrucción de accidentes denominada: “PC-Crash”. En el artículo se detalla por completo las condiciones relevantes para la colisión antes, durante y después de la misma, permitiendo una posterior revisión de “PC-Crash” como modelo coherente de reconstrucción. Esto último será de gran importancia en esta investigación, dado que al tener los datos reales de las colisiones y los de otro modelo de reconstrucción de colisiones se podrá validar si el modelo generado describe o no las colisiones para el caso de colisiones múltiples de forma cualitativa y posteriormente, de forma cuantitativa en la segunda parte de la investigación, confirmando si el modelo teórico es efectivo en la descripción de las colisiones de interés.

Ahora bien, en Hogue (1998) se habla sobre la representación de geometrías arbitrarias y detección de contacto entre ellas. El artículo toca diferentes tipos de

cuerpos de estudio en 2 y 3 dimensiones utilizando diferentes formas de respresentarlos, como pueden ser los poliedros, las representaciones por medio de funciones continuas o la representación utilizando funciones discretas para los objetos en 3 dimensiones y como se plantea la detención de colisiones en cada caso con sus respectivas ventajas y desventajas. Como tal, este artículo es útil para identificar el tipo de métodos que pueden ser utiles para reconstruir la geometría vehicular y los prodecimientos para identificar la colisión según el tipo de estructura que se utilice en la reconstrucción.

Siguiendo con Orasanu (2010) presenta una alternativa para el cálculo de momentos de inercia de cuerpos en 2 o 3 dimensiones de forma más sencilla a partir de reducciones en la dimensión del cuerpo estudiado, terminando siempre en un arreglo de partículas que poseen las mismas propiedades inerciales (Mismo centro de masa y mismo tensor de inercia). Lo que presenta este artículo es sumamente útil para el desarrollo de la investigación al plantear un método bastante sencillo para el cálculo del centro de masa y momentos de inercia de sólidos. Estos objetos se podrían colocar en grandes conjuntos y conformar una aproximación de la estructura del vehículo que permita realizar los cálculos mencionados con anterioridad y aproximar con mayor exactitud el centro de masa y el tensor de inercia del cuerpo de estudio real, los diferentes vehículos de tránsito.

Por último, se presenta a WardenIA (s.f), el cual es un compendio con el desarrollo teórico que actualmente utiliza WARDEN: Investigaciones Aplicadas en el modelo de reconstrucción de colisiones. El compendio menciona muy brevemente la teoría relacionada a la dinámica vehicular y la dinámica de neumáticos, teoría para casos de colisión con peatón, entre otros. Al igual que otros artículos mencionados al inicio de esta sección, este texto se utilizará como guía para la formulación del modelo teórico que se desarrolla en esta investigación, siendo precisamente este texto la base teórica más importante, en un inicio, para poder comprender y construir sobre el modelo que utiliza WARDEN en la reconstrucción de accidentes de tránsito.

# Metodología de la Investigación

## 1 Metodología

Para la realización de esta investigación se cuenta con un gran número de integrantes en diversos ciclos del Bachillerato en Física, por lo que se trabajará tomando en cuenta los diferentes niveles de conocimiento de los mismos y promoviendo el aprendizaje mientras se lleva a cabo la investigación.

Como tal,

A continuación se presenta el trabajo previo que se plantea antes de comenzar formalmente con esta investigación:

## 2 Trabajo previo

1. Búsqueda de antecedentes en la predicción de eclipses.
2. Obtener una base de datos de los próximos eclipses, donde se incluya fecha, hora, lugar, duración y tipo de eclipse.
3. Investigar sobre paquetes o bibliotecas para la visualización de trayectorias sobre la superficie terrestre.

Seguidamente, se tienen a grandes rasgos los pasos que se van a seguir durante la investigación para la construcción del modelo de interés:

## 3 Procedimiento

- 1.

## BIBLIOGRAFÍA

Shaopu Yang, Yongjie Lu, and Shaohua Li. An overview on vehicle dynamics. *International Journal of Dynamics and Control*, 1:385–395, 12 2013. ISSN 21952698. doi: 10.1007/s40435-013-0032-y.

Hermann Steffan. Accident reconstruction methods. *Vehicle System Dynamics*, 47: 1049–1073, 2009. ISSN 00423114. doi: 10.1080/00423110903100440.

Mark Bailey, Jonathan Lawrence, Stuart Fowler, Peter Williamson, William Cliff, and Jeff Nickel. Data from five staged car to car collisions and comparison with simulations. *SAE Technical Paper 2000-01-0849*, 2000. doi: <https://doi.org/10.4271/2000-01-0849>.

Caroline Hogue. Shape representation and contact detection for discrete element simulations of arbitrary geometries, 1998. URL <https://www.semanticscholar.org/paper/Shape-representation-and-contact-detection-for-of-Hogue/67b41a5566ec68a5b741c8b6eebb1dd7cec415fc>.

Nicolaie Orasanu. Reduction of the elementary bodies to systems of material points with the same inertia properties. *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, 72:35–48, 2010. ISSN 1454-2358. URL [http://www.scientificbulletin.pub.ro/rev\\_docs\\_arhiva/full9404.pdf](http://www.scientificbulletin.pub.ro/rev_docs_arhiva/full9404.pdf).

WardenIA. *WARDEN: MANUAL DE RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRANSITO*. s.f.