



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA FÍSICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE SIMULACIONES PARA LA FÍSICA  
CLÁSICA CON WOLFRAM**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico:

**FÍSICA**

**AUTORA: DIANA MARITZA ADRIANO VARGAS**

**DIRECTOR: Dr. RICHARD WILLIAMS PACHACAMA CHOCA MSc.**

Riobamba – Ecuador

2023

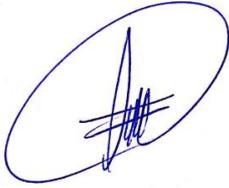
© 2023, Diana Maritza Adriano Vargas

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de Autor.

Yo, Diana Maritza Adriano Vargas, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de mayo del 2023



**Diana Maritza Adriano Vargas**

**060499908-6**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA FÍSICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación. **IMPLEMENTACIÓN DE SIMULACIONES PARA LA FÍSICA CLÁSICA CON WOLFRAM**, realizado por la señorita: **DIANA MARITZA ADRIANO VARGAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Mat. Luis Marcelo Cortez Bonilla MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: LUIS MARCELO CORTEZ BONILLA	30-05-2023
Dr. Richard Willians Pachacama Choca MSc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 Firmado electrónicamente por: RICHARD WILLIANS PACHACAMA CHOCA	30-05-2023
Biof. María Fernanda Heredia Moyano MSc. <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 Firmado electrónicamente por: MARIA FERNANDA HEREDIA MOYANO	30-05-2023

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis con mucho orgullo y amor a mi querida madre Esther Elisa Vargas Totoy por su gran sacrificio de hacer el papel de padre y madre para mí y mis hermanos, por ser el pilar fundamental en el transcurso de toda mi etapa como estudiante, por brindarme su apoyo incondicional, amor, cariño y confianza. Gracias por sus palabras de aliento y la motivación constante para salir adelante pese a las adversidades que se nos presentan en el camino, por ser una mujer luchadora y dedicada a sus hijos. A mis hermanos Silvia, Jonnathan, Mayra, Mishel, Pamela y Sebastián, por apoyarme en mis decisiones y estar siempre cuando los necesito.

Maritza

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a ti mi Dios, por regalarme la vida, la sabiduría y por guiarme en cada decisión que tomo, a mi mamita querida porque sin su apoyo nada de esto hubiera sido posible. A mi querida amiga Dennis Chamorro por su amistad y apoyo incondicional, por todos los bonitos momentos convividos, a mi familia por brindarme sus sabios consejos de superación y por su infinito apoyo. También un enorme agradecimiento al Dr. Richard Pachacama director de esta tesis, por dedicar su valioso tiempo y compartir sus conocimientos para hacer que se dé a cabo este trabajo, gracias. Finalmente, a mi querida ESPOCH por abrirme las puertas y permitir formarme como persona y como profesional, regalarme momentos únicos permitiéndome conocer valiosas personas a lo largo de mi vida estudiantil.

Maritza

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.1.1. <i>Formulación del problema</i> .....	4
1.1.2. <i>Sistematización del problema</i> .....	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.3. Justificación.....	4

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. .Antecedentes de investigación.....	6
2.2. .Referencias teóricas.....	7

### CAPÍTULO III

3. .MARCO METODOLÓGICO.....	13
3.1. .Enfoque de investigación.....	13
3.2. Nivel de Investigación.....	13
3.3. Diseño de investigación.....	13
3.3.1. <i>Investigación Experimental</i> .....	13
3.3.2. <i>Investigación Transversal</i> .....	14
3.4. Tipo de estudio.....	14

<b>3.5. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	14
<b>3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	14
3.6.1. <i>Métodos</i> .....	14
3.6.2. <i>Técnicas</i> .....	14
3.6.3. <i>Instrumentos</i> .....	14
3.6.4. <i>Objeto de estudio</i> .....	15
3.6.5. <i>Enfoque de investigación</i> .....	15
3.6.6. <i>Diseño de instrumentos de investigación</i> .....	15
<b>3.7. Ficha de Caracterización</b> .....	15

## CAPÍTULO IV

<b>4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	18
<b>4.1. Desarrollo de la simulación en el entorno <i>Wolfram Mathematica</i></b> .....	18
4.1.1. <i>Movimiento Rectilíneo Uniforme y Uniformemente Variado</i> .....	18
4.1.2. <i>Caída Libre y Lanzamiento Parabólico</i> .....	25
4.1.3. <i>Leyes de Newton</i> .....	30
4.1.4. <i>Energía</i> .....	39
4.1.5. <i>Centro de Masas</i> .....	45
4.1.6. <i>Cantidad de Movimiento Lineal</i> .....	51
4.1.7. <i>Conservación de la Cantidad de Movimiento Lineal</i> .....	53
4.1.8. <i>Impulso</i> .....	61
<b>4.2. Discusión de los resultados</b> .....	64

## CAPÍTULO V

<b>5. MARCO PROPÓSITO</b> .....	65
<b>5.1. Propuesta</b> .....	65

## CAPÍTULO VI

<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	68
<b>6.1. Conclusiones</b> .....	68
<b>6.2. Recomendaciones</b> .....	69

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b>	Identificación de variables.....	13
<b>Tabla 3-2:</b>	Delimitación del problema de investigación con la Ficha de Caracterización.....	16

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 4-1:</b>	Codificación input de MRU sección 1.....	18
<b>Ilustración 4-2:</b>	Codificación input de MRU sección 2.....	19
<b>Ilustración 4-3:</b>	Codificación input de MRU sección 3.....	19
<b>Ilustración 4-4:</b>	Simulación MRU.....	20
<b>Ilustración 4-5:</b>	Codificación input de MRUV sección 1.....	20
<b>Ilustración 4-6:</b>	Codificación input de MRUV sección 2.....	21
<b>Ilustración 4-7:</b>	Codificación input de MRUV sección 3.....	21
<b>Ilustración 4-8:</b>	Codificación input de MRUV sección 4.....	22
<b>Ilustración 4-9:</b>	Codificación input de MRUV sección 5.....	22
<b>Ilustración 4-10:</b>	Codificación input de MRUV sección 6.....	23
<b>Ilustración 4-11:</b>	Codificación input de MRUV sección 7.....	23
<b>Ilustración 4-12:</b>	Codificación input de MRUV sección 8.....	23
<b>Ilustración 4-13:</b>	Simulación MRUV Disposición 1.....	24
<b>Ilustración 4-14:</b>	Simulación MRUV Disposición 2.....	25
<b>Ilustración 4-15:</b>	Codificación input de Caída Libre y Mov. Parabólica sección1.....	26
<b>Ilustración 4-16:</b>	Codificación input de Caída Libre y Mov. Parabólico sección2.....	26
<b>Ilustración 4-17:</b>	Codificación input de Caída Libre y Mov. Parabólico sección3.....	26
<b>Ilustración 4-18:</b>	Codificación input de Caída Libre y Mov. Parabólico sección4.....	27
<b>Ilustración 4-19:</b>	Codificación input de Caída Libre y Mov. Parabólico sección5.....	27
<b>Ilustración 4-20:</b>	Simulación Lanzamiento desde Colina.....	28
<b>Ilustración 4-21:</b>	Simulación Lanzamiento desde Colina Disposición 1.....	29
<b>Ilustración 4-22:</b>	Simulación Lanzamiento desde Colina Disposición 2.....	29
<b>Ilustración 4-23:</b>	Codificación input de la Segunda Ley de Newton sección 1.....	30
<b>Ilustración 4-24:</b>	Codificación input de la Segunda Ley de Newton sección 2.....	30
<b>Ilustración 4-25:</b>	Simulación Segunda Ley de Newton.....	31
<b>Ilustración 4-26:</b>	Simulación Segunda Ley de Newton Disposición 1.....	32
<b>Ilustración 4-27:</b>	Simulación Segunda Ley de Newton Disposición 2.....	32
<b>Ilustración 4-28:</b>	Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 1.....	33
<b>Ilustración 4-29:</b>	Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 2.....	33
<b>Ilustración 4-30:</b>	Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 3.....	34
<b>Ilustración 4-31:</b>	Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 4.....	34
<b>Ilustración 4-32:</b>	Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 5.....	35
<b>Ilustración 4-33:</b>	Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 6.....	35

<b>Ilustración 4-34:</b> Simulación Tercera Ley de Newton.....	36
<b>Ilustración 4-35:</b> Codificación input de la Ficción Cinética sección 1.....	37
<b>Ilustración 4-36:</b> Codificación input de la Ficción Cinética sección 2.....	37
<b>Ilustración 4-37:</b> Codificación input de la Ficción Cinética sección 3.....	37
<b>Ilustración 4-38:</b> Codificación input de la Ficción Cinética sección 4.....	38
<b>Ilustración 4-39:</b> Simulación Fricción Cinética posición inicial.....	38
<b>Ilustración 4-40:</b> Simulación Fricción Cinética transcurridos 0.34s.....	39
<b>Ilustración 4-41:</b> Codificación input de Energía Cinética y Potencial sección 1.....	40
<b>Ilustración 4-42:</b> Codificación input de Energía Cinética y Potencial sección 2.....	40
<b>Ilustración 4-43:</b> Codificación input de Energía Cinética y Potencial sección 3.....	40
<b>Ilustración 4-44:</b> Codificación input de Energía Cinética y Potencial sección 4.....	41
<b>Ilustración 4-45:</b> Simulación Lanzamiento hacia arriba.....	41
<b>Ilustración 4-46:</b> Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 1.....	42
<b>Ilustración 4-47:</b> Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 2.....	42
<b>Ilustración 4-48:</b> Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 3.....	43
<b>Ilustración 4-49:</b> Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 4.....	43
<b>Ilustración 4-50:</b> Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 5.....	43
<b>Ilustración 4-51:</b> Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 6.....	44
<b>Ilustración 4-52:</b> Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 7.....	44
<b>Ilustración 4-53:</b> Simulación Masa en borde Resorte.....	44
<b>Ilustración 4-54:</b> Codificación input de Centro de Masas sección 1.....	45
<b>Ilustración 4-55:</b> Codificación input de Centro de Masas sección 2.....	45
<b>Ilustración 4-56:</b> Codificación input de Centro de Masas sección 3.....	46
<b>Ilustración 4-57:</b> Codificación input de Centro de Masas sección 4.....	46
<b>Ilustración 4-58:</b> Codificación input de Centro de Masas sección 5.....	46
<b>Ilustración 4-59:</b> Codificación input de Centro de Masas sección 6.....	47
<b>Ilustración 4-60:</b> Codificación input de Centro de Masas sección 7.....	47
<b>Ilustración 4-61:</b> Codificación input de Centro de Masas sección 8.....	47
<b>Ilustración 4-62:</b> Codificación input de Centro de Masas sección 9.....	48
<b>Ilustración 4-63:</b> Codificación input de Centro de Masas sección 10.....	48
<b>Ilustración 4-64:</b> Codificación input de Centro de Masas sección 11.....	48
<b>Ilustración 4-65:</b> Simulación Centro de Masas.....	49
<b>Ilustración 4-66:</b> Simulación Centro de Masas Disposición 1.....	50
<b>Ilustración 4-67:</b> Simulación Centro de Masas Disposición 2.....	51
<b>Ilustración 4-68:</b> Codificación input de Cantidad de Movimiento Lineal sección 1.....	52
<b>Ilustración 4-69:</b> Codificación input de Cantidad de Movimiento Lineal sección 2.....	52

<b>Ilustración 4-70:</b>	Codificación input de Cantidad de Movimiento Lineal sección 3.....	52
<b>Ilustración 4-71:</b>	Codificación input de Cantidad de Movimiento Lineal sección 4.....	53
<b>Ilustración 4-72:</b>	Simulación Cantidad Movimiento Lineal.....	53
<b>Ilustración 4-73:</b>	Codificación input Conservación cantidad movimiento lineal sección 1.....	54
<b>Ilustración 4-74:</b>	Codificación input Conservación cantidad movimiento lineal sección 2.....	54
<b>Ilustración 4-75:</b>	Codificación input Conservación cantidad movimiento lineal sección 3.....	55
<b>Ilustración 4-76:</b>	Codificación input Conservación cantidad movimiento lineal sección 4.....	55
<b>Ilustración 4-77:</b>	Simulación Conservación de movimiento lineal posición inicial.....	56
<b>Ilustración 4-78:</b>	Simulación Conservación de movimiento lineal transcurridos 0.2s.....	56
<b>Ilustración 4-79:</b>	Simulación Conservación de movimiento lineal transcurridos 0.54s.....	57
<b>Ilustración 4-80:</b>	Codificación input ejemplo de bala que atraviesa esfera madera sección 1..	57
<b>Ilustración 4-81:</b>	Codificación input ejemplo de bala que atraviesa esfera madera sección 2..	58
<b>Ilustración 4-82:</b>	. Codificación input ejemplo de bala que atraviesa esfera madera sección 358	
<b>Ilustración 4-83:</b>	Simulación bala atraviesa esfera de madera posición inicial.....	59
<b>Ilustración 4-84:</b>	Simulación bala atraviesa esfera de madera transcurridos 0.495s.....	60
<b>Ilustración 4-85:</b>	Simulación bala atraviesa esfera de madera transcurridos 1.7s.....	60
<b>Ilustración 4-86:</b>	Codificación input de impulso en un auto sección 1.....	61
<b>Ilustración 4-87:</b>	Codificación input de impulso en un auto sección 2.....	61
<b>Ilustración 4-88:</b>	Codificación input de impulso en un auto sección 3.....	62
<b>Ilustración 4-89:</b>	Simulación impulso en un coche posición inicial.....	62
<b>Ilustración 4-90:</b>	Simulación impulso en un coche transcurridos 3s.....	63
<b>Ilustración 4-91:</b>	Simulación impulso en un coche transcurridos 8s.....	63
<b>Ilustración 5-1:</b>	Creación de nueva cuenta en Wolfram.....	65
<b>Ilustración 5-2:</b>	Método para descargar Wolfram Cloud.....	66
<b>Ilustración 5-3:</b>	Cinta de opciones de Wolfram.....	66
<b>Ilustración 5-4:</b>	Opción publicar en la nube.....	66
<b>Ilustración 5-5:</b>	.. Cuaderno de wólfam publicado en la nube.....	67

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** DEFINICIÓN DE TRABAJO EN WOLFRAM

**ANEXO B:** MOVIMIENTO RECTILÍNEO EN WOLFRAM

**ANEXO C:** GRÁFICA DE MOVIMIENTO RECTILÍNEO EN WOLFRAM

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo primordial el desarrollar simulaciones para la enseñanza de la física clásica con el uso de *Wolfram Mathematica*. Se efectuó una revisión documental de la teoría de conceptos dentro de la mecánica clásica de Newton, y de trabajos asociados al presente tema, fue fundamental conocer el contenido de los conceptos y las fórmulas que se vincularon a ámbitos de movimiento rectilíneo uniformemente variado, cantidad de movimiento, conservación de la cantidad de movimiento lineal, fuerza, leyes de Newton, entre otros. Se determinó que la metodología del trabajo dispuso de un enfoque analítico e inductivo con el fin de estructurar los denominados cuadernos de *Wolfram* y establecer un entorno dinámico que viabiliza un trabajo técnico en función de la simulación y la generación de datos de interés. El desarrollo de la investigación se alineó con el uso del *Wolfram Mathematica* para la respuesta a simulaciones de la física clásica en base a una interfaz interactiva entre el usuario, los parámetros de los problemas que se plantean y la consecuente resolución de gráficos animados en el formato de documento computable (CDF), este formato fue la base de un cuaderno interactivo de física para los participantes. Una vez realizada la simulación se concluye que *Wolfram Mathematica* permite al estudiante conocer y aprender sobre la aplicación de la física en temas como cinemática, leyes de Newton, sistemas de partículas, trabajo y energía; de manera rápida, eficiente y didáctica, haciendo que la enseñanza sea mucho más entretenida y amigable pues las gráficas constituyen un medio visual que facilita la comprensión de la física. Se recomienda aumentar la exposición de la teoría en los temas tratados, añadiendo comprobaciones matemáticas de las fórmulas, explicación de los enunciados y obtención de modelos, permitiendo un mayor desarrollo de la parte teórica.

**Palabras clave:** <FÍSICA>, <WOLFRAM (SOFTWARE)>, <LEYES DE NEWTON>, <SIMULACIONES>, <MOVIMIENTO DE CUERPOS>.

0617-DBRA-UPT-2024

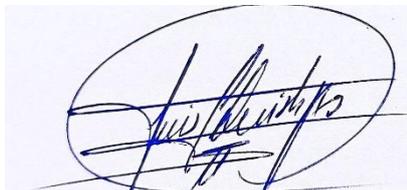


## ABSTRACT

The primary objective of this research project was to develop simulations for teaching classical physics with the use of *Wolfram Mathematica*. A documentary review of the theory of concepts within Newton's classical mechanics was carried out, and of works associated with this topic, it was essential to know the content of the concepts and formulas that were linked to areas of uniformly varied rectilinear movement, amount of movement, conservation of linear momentum, force, Newton's laws, among others. It was determined that the methodology of the work had an analytical and inductive approach in order to structure the so-called *Wolfram* notebooks and establish a dynamic environment that makes technical work viable based on the simulation and the generation of data of interest. The development of the research was aligned with the use of *Wolfram Mathematica* for the response to simulations of classical physics based on an interactive interface between the user, the parameters of the problems posed and the consequent resolution of animated graphics in the format. Computable Document Format (CDF), this format was the basis of an interactive physics notebook for the participants. Once the simulation is carried out, it is concluded that *Wolfram Mathematica* allows the student to know and learn about the application of physics in topics such as kinematics, Newton's laws, particle systems, work and energy; quickly, efficiently and didactically, making teaching much more entertaining and friendly since graphs constitute a visual medium that facilitates the understanding of physics. It is recommended to increase the exposition of the theory in the topics covered, adding mathematical verifications of the formulas, explanation of the statements and obtaining models, allowing greater development of the theoretical part.

**Keywords:** <PHYSICS>, <WOLFRAM (SOFTWARE)>, <NEWTON'S LAWS>, <SIMULATIONS>, <MOTION OF BODY>.

0617-DBRA-UPT-2024

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature is stylized and appears to read 'Luis Armando Quishpe Hipo'.

Lic. Luis Armando Quishpe Hipo, Mgs.

C.I. 0102801016

## INTRODUCCIÓN

Los Centros de Educación Superior, buscan la formación y perfeccionamiento de profesionales en sus diferentes contextos de la ciencia, tecnología, empresas, cultura, y la docencia, para lo cual, es básico disponer de objetivos institucionales alineados a los futuros profesionales. Esta perspectiva, se facilita al contar con herramientas útiles en su aplicación diaria, por lo que, es importante un trabajo paralelo de los conocimientos con las innovaciones creadas para impulsar las etapas del aprendizaje.

El proceso de innovación que ha sufrido la tecnología y su grado de afectación en los diferentes niveles de la actividad humana se ven reflejados de manera permanente con la aparición de herramientas que facilitan la comprensión y el desarrollo de respuestas sobre los problemas inherentes al convivir de la sociedad y al desarrollo industrial. En este sentido, aparece la educación como un medio que requiere de la existencia de herramientas que impulsen su desarrollo y que permitan la participación de los estudiantes como un factor dinámico en su aplicación.

Las diferentes aplicativos de software que se han generado durante el siglo anterior se constituyen en un factor significativo de ayuda para el ámbito de la educación a todo nivel y que en la actualidad, incluso requieren de la disposición de alternativas que respondan a la crisis sanitaria, las manifestaciones sociales, la delincuencia, entre otros que impide la normal asistencia de los estudiantes a sus centros de formación, bajo este lineamiento, se sabe los inconvenientes que atraviesan los estudiantes en la enseñanza de materias como las matemáticas, física, química, entre otros.

En el caso presente, es valedero la implementación de un proceso de simulación mediante el desarrollo de un tutorial práctico en los límites de la denominada Física Clásica con el fin de disponer de una herramienta para los estudiantes y/o profesionales que buscan potencializar sus conocimientos en las aplicaciones ofrece el *Wolfram*.

En el Capítulo I, se hace referencia a los problemas de la investigación en el cual se describe el planteamiento del problema, formulación del problema, la sistematización del problema, los objetivos de investigación y la justificación, ésta información es muy útil previo al desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

En el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico que abarca los antecedentes y referencias teóricas donde encontraremos información sobre las herramientas informáticas a nivel educativo haciendo énfasis en Wolfram Matemática, así como también información sobre la Física Clásica, de igual manera encontraremos los fundamentos que respaldan esta investigación que sirven de base para

el desarrollo de este trabajo de integración curricular.

En el Capítulo III, marco metodológico, se describe la metodología utilizada en la investigación, el enfoque, el nivel de investigación que es descriptivo, el diseño de investigación donde se identifican las variables dependientes e independientes, tipo de estudio que es de carácter documental ya que no se realiza recolección de datos, la población y selección de tamaño de muestra que se delimita por la Física Clásica y una ficha de caracterización que ayuda a al desarrollo de nuestro tutorial en Wolfram que nos permite establecer el contenido de interés de un proceso en base a: las entradas, las salidas, los controles y los recursos que son parte de las actividades.

El Capítulo IV, trata sobre el marco de análisis e interpretación de resultados referente al tutorial sobre la Física Clásica, donde vemos el desarrollo de las simulaciones en el entorno de Wolfram Mathematica.

En el Capítulo V, se refiere al marco propósito el cual hace énfasis en el uso de Wolfram Mathematica para el uso de la Física Clásica.

Finalmente se tiene el Capítulo VI, donde se presentan las conclusiones y recomendaciones de este Trabajo de Integración Curricular.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del Problema

La percepción, que los sistemas computacionales no tenían mayor incidencia en los niveles educativos, condujo a un análisis para conocer la forma de utilización de los recursos tecnológicos y la consecuente toma de decisiones para potencializar su uso en una escala masiva. En este sentido, se dio privilegio al uso de programas exploratorios para permitir que el estudiante mantenga el control del aprendizaje y sea el responsable de decidir el camino para situaciones problemáticas. Esta modalidad se basa en el denominado “constructivismo” y es la adecuada para la enseñanza de disciplinas como la física, la matemática y la química.

Históricamente, se conoce las dificultades que genera en los estudiantes de diferentes niveles la enseñanza de materias como las matemáticas, física, química, entre otros. En este punto, es importante indicar que esos inconvenientes se producen en las clases presenciales del alumnado en su centro educativo, aspecto que en la actualidad es más acentuado debido al modelo de educación virtual que tienen los alumnos por la presencia de la crisis sanitaria. Este particular, requiere la existencia de herramientas prácticas que faciliten el aprendizaje de los estudiantes en su nueva realidad de aprendizaje. En este sentido, el aplicativo de Wolfram se identifica como un medio de enorme utilidad en una diversidad de aplicaciones.

Es relevante considerar que, la física clásica es una ciencia de carácter experimental y que requiere de la presencia de un laboratorio adecuado a las necesidades del conocimiento a impartir mediante observaciones y mediciones, los cuales, enfrentan dificultades en especial por el amplio rango de variación de los parámetros que son parte de los fenómenos, por ejemplo, la variable de la velocidad inicial en un margen reducido de espacio por unidad de tiempo es un enorme obstáculo a implementar en un laboratorio, por ende, se requiere de una alternativa en su desarrollo, el cual, pretende ser solventado con la presencia de un aplicativo computacional que incluso es una alternativa para enfrentar las diferentes situaciones sociales como: crisis sanitaria por covid, las movilizaciones sociales entre otras lo que impide la presencia física de los estudiantes en los laboratorios (Kofman, 2016 pp. 1-10).

En la actualidad, el uso de los aplicativos creados para diversas disciplinas busca impulsar el interés de los estudiantes de diferentes niveles e incluso llega a tener efecto a nivel profesional. En el caso presente, al margen que el aplicativo de Wolfram no es relativamente nuevo en el mercado, se determina que no dispone de una amplia difusión en el ámbito ecuatoriano, por consiguiente, este aspecto se identifica como una falencia dentro de su uso a nivel de país y concretamente en las aplicaciones sobre el campo de la Física Clásica.

Lo arriba mencionado, permite establecer que una potencial implementación del proceso de simulación mediante la existencia de un tutorial dentro de los límites de la denominada Física Clásica o de Newton, constituye una valiosa herramienta para los estudiantes y/o profesionales que pretenden fortalecer y optimizar sus conocimientos en las aplicaciones reales y prácticas que ofrece el *Wolfram*.

### **1.1.1 Formulación del problema**

La falta de simulaciones mediante el uso del programa de *Wolfram* para la enseñanza de la física clásica, para el caso de la pandemia se dio la necesidad urgente de desarrollarlo.

### **1.1.2 Sistematización del problema**

- ¿Qué beneficios se puede obtener al realizar las simulaciones de la física clásica en *Wolfram*?
- ¿Cómo es el desarrollo y obtención de las simulaciones en *Wolfram*?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Desarrollar simulaciones para la enseñanza de la física clásica con el uso de *Wolfram mathematica*.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los temas a tratarse dentro de las simulaciones.
- Establecer el formato de wólffram para la física clásica
- Definir las variables que son parte de la simulación con *Wolfram* y que son aplicables a la física clásica.

## **1.3 Justificación**

El contenido de la física clásica es un soporte relevante para la formación de los futuros profesionales que opten por una carrera de tercer nivel. Sin embargo, por la propia naturaleza que dispone esta ciencia, se determina un significativo grado de aplicación en la naturaleza y en la actividad innata del ser humano. Por ello, es importante el conocimiento de medios que permitan afrontar la metodología actual de conocimiento al cual, se ven sujetos los estudiantes y/o profesores.

El estudio de la física que involucra a la mecánica, la termodinámica, el electromagnetismo, la

óptica, dinámica de fluidos determina un alcance de entendimiento global sobre las leyes que rigen los fenómenos de la naturaleza. De todas maneras, por la amplitud de las materias mencionadas es apropiado delimitar el presente estudio a la física clásica que son parte estructural de la mecánica.

El determinar el contenido de un tutorial que agrupe el aplicativo de *Wolfram* sobre la física clásica, busca ser una guía práctica en el desarrollo de problemas delimitados por la física clásica y que requieren el control de variables, análisis de datos y la consecuente toma de decisiones. Este aspecto busca ser una respuesta real y práctica en los momentos de crisis sanitaria u otras situaciones que atraviesa la humanidad.

Consecuentemente, el enfoque técnico es viable a medida que la simulación establezca la consecución de fines prácticos y que tenga como base la aplicación y entendimiento correcto de la física clásica. La transmisión de conocimientos que son parte de la estructura del pretendido tutorial dentro del uso del *Wolfram* constituye el pilar relevante dentro de un enfoque científico que se asocia al presente proyecto de investigación. En este sentido, el contenido del tutorial debe ser de fácil entendimiento por parte de los lectores y en este punto, es aconsejable el uso de los denominados flujogramas y la caracterización de los procesos en análisis previo a la simulación.

El desarrollo de un manual que se basa en las leyes físicas clásicas tiene que considerar que, el propio aplicativo de *Wolfram* que es parte de la red mundial de internet, permite un ingreso libre a su contenido, razón por la cual, su posterior entendimiento depende directamente de la retroalimentación que es capaz de desarrollar el participante y de los recursos que se requieran para su efectivo desarrollo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de investigación

En el año 1969 mediante Ley No.69,09, expedida por el Congreso Nacional se crea el Instituto Tecnológico Superior de Chimborazo al que se puede atribuir el origen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). El inicio de sus actividades se da en el año 1972, con la existencia de las Escuelas de Ingeniería Zootécnica, Nutrición y Dietética e Ingeniería Mecánica. Mientras el 28 de septiembre de 1973, se anexa la Escuela de Ciencias Agrícolas de la PUCE y se adopta la designación de Escuela de Ingeniería Agronómica (Moreno, 1997, pp.15-21). La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se rige por la Constitución Política, la ley de educación superior y por su propio estatuto y reglamentos, la universidad tiene sus instalaciones principales en la ciudad de Riobamba, y dispone de personería jurídica y de derecho público.

En un contexto global, los centros de educación superior tienen la particularidad de no disponer de los suficientes recursos entregados por el Gobierno Nacional para el fortalecimiento de su infraestructura, lo cual, genera un aspecto complejo y la consecuente obstaculización de la búsqueda de respuestas accesibles a las necesidades de los estudiantes, por lo tanto, los laboratorios de las universidades no constituyen una excepción.

A nivel histórico, el uso de aplicativos informáticos sobre el desarrollo y análisis de problemas físicos y/o matemáticos han sido el soporte que requiere el conocimiento de la humanidad en diversas áreas técnicas y/o administrativas como una muestra fiel de su progreso. En el transcurrir de la década de 1940, el software inició su evolución hasta incluso llegar a convertirse en una profesión cuyo ámbito de acción se relaciona directamente con el software y su calidad. En este punto, es válido indicar que el término calidad se vincula al índice de mantenibilidad del software, su velocidad, su uso, tamaño, costo, seguridad y fallas (Cruz, et al., pp. 59-69). Así mismo, se considera atributos como cualidades menos medibles tales como la satisfacción del cliente. Es decir, la manera idónea de crear software de calidad es el manejo de un problema separado y controvertido cubriendo el diseño de software, códigos, licencias de uso, entre otros.

Se conoce que Contento y Niveló (2020 pp. 40-111), desarrollaron en Cuenca un lineamiento para la “Enseñanza de la Mecánica Analítica con el apoyo de recursos didácticos”, el mencionado documento constituye una respuesta a las dificultades de los estudiantes en el análisis y resolución de problemas aplicados a la dinámica. En este aspecto, se determinó que los estudiantes tienen carencia de bases para interpretar diagramas y tablas de datos con la consecuente generación de curvas. La respuesta se basó en técnicas constructivistas de aprendizaje significativo de Ausubel.

Por otro lado, existe un estudio efectuado por Arribas et. al., (2015 pp. 51-71), el cual, se denomina “Aprendiendo Física con *Wolfram Alpha*” y se enfoca en las herramientas que facilita el aplicativo de *Wolfram* mediante el uso de las variables que son parte de los fenómenos físicos asociados a las principales leyes de la Física Clásica. En este sentido, se prioriza el uso del Sistema Internacional de Unidades y el manejo de las constantes físicas de mayor utilización en la resolución de problemas.

En el caso presente, es de vital importancia conocer y controlar las variables que son parte de la mecánica clásica de Newton y a partir de ese punto, establecer la relación de las mismas con el desarrollo de problemas y simulaciones que ofrece el aplicativo de *Wolfram* y que dentro del alcance del presente trabajo, se facilite su implementación mediante la generación de un *notebook* de fácil entendimiento y aplicación práctica.

## **2.2 Referencias Teóricas**

Dentro del enfoque que dispone la física clásica es importante notar la presencia de las magnitudes comúnmente más usadas en problemas de posicionamiento de objetos, la velocidad de los cuerpos, conservación de la energía, entre otros. Estos parámetros existen de manera independiente al observador y son asociadas a los tiempos. De manera complementaria, se conoce del grado de determinismo que está vinculado a la teoría de la física clásica, es decir, se establece que conocidos los valores iniciales es factible predecir el valor de las magnitudes en el corto plazo, Zemansky y Freedman nos manifiesta que:

*La física clásica es también conocida como física newtoniana y se basa fundamentalmente en las leyes básicas del movimiento que son aplicables a los cuerpos en sus desplazamientos ordinarios. Por referencia, se tiene que en 1687 aparece la publicación de las Leyes de Newton de un documento denominado como “Philosophiae naturales principia matemática”. Adicionalmente, las Leyes de Newton se consideran como la base de la Física y de la Mecánica Clásica. A nivel de una clasificación de la física clásica, se debe tener presente: la Mecánica (movimiento de los cuerpos), la Estática (son los cuerpos en equilibrio), la Dinámica (las causas que inciden en el movimiento de los cuerpos), la Cinemática (son los movimientos sin analizar las causas), la Termodinámica (analiza los fenómenos que se relacionan con la temperatura), el Electromagnetismo (es la interacción de los campos eléctricos y magnéticos), la Óptica (fenómenos asociados con la luz) y la Acústica (estudio de los niveles de ruido) (Zemansky y Freedman, 2016 p. 67).*

En la realidad, la ingeniería establece como viable lo que la física identifica como posible, en este ámbito, la física delimita los fenómenos mediante las leyes naturales que tienen incidencia directa

con la materia y la energía. Mediante estos aspectos se fundamenta la evolución del pensamiento humano y es factible el desarrollo de la ingeniería soportada en los desarrollos tecnológicos. Mientras tanto, la escala de análisis es quien determina la existencia de la física clásica y cuántica (Vargas, 2019 pp. 1-9).

A nivel de las Leyes de Newton, la 1era ley se enfoca en facilitar el conocimiento físico a partir de la mecánica de Newton, del electromagnetismo de Maxwell, la teoría del calor, la óptica que son mayormente utilizadas en la formación básica y universitaria. Los mencionados temas son fundamentales en la construcción del mundo que visualiza el ser humano. Dicho de otra manera, la física es de índole teórica al describir leyes que explican el universo, sin embargo, también es una ciencia experimental al utilizar las hipótesis de diversas leyes (Huerta, 2009 p. 47).

En el ámbito del uso de aplicaciones orientadas a resolver fenómenos físicos, se debe tener presente que *Wolfram Research* constituye una de las compañías más respetables en el ámbito mundial y cuyo ámbito de acción se refiere al desarrollo de software, así como en la innovación técnica y científica. Una vez revisado los medios que permiten identificar documentos asociados a la utilidad del software de *Wolfram*, se identifica los siguientes aportes:

- La aplicación de *Wolfram* adecuada sobre las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) permite fomentar la enseñanza de las matemáticas en los diferentes niveles, la estructura inherente a este particular permite una mejora de los aspectos motivacionales y actitudinales que generan los estudiantes. En este sentido, (Guachun, 2016 pp. 45-70), en el desarrollo de la “Aplicación e impacto de las TICs en la enseñanza de las Matemáticas” pudo recolectar, analizar y sistematizar información sobre estudios empíricos de las TICs y su aplicación en las ciencias exactas.
- En el criterio de (Muñoz, 2018 pp. 78-114), es factible la fomentación del aprendizaje de Cálculo Diferencial e Integral en el nivel universitario por medio de la herramienta de *Wolfram* y se efectúa en base a un enfoque cuantitativo y cualitativo sobre el rendimiento académico en un intervalo de tiempo, este particular se visualiza con el incremento de las notas logradas por los estudiantes.
- Una de las aplicaciones de *Wolfram* se determina por (Carrillo, 2017 pp. 125-225), se levanta sobre el ámbito de la “Influencia del uso del programa *Wolfram - Alpha*” en la enseñanza de Trigonometría en el décimo año de Educación General Básica de la Unidad Educativa “San Marino”, en el cual, el software “*Wolfram - Alpha*” incide en la enseñanza de la Trigonometría. La investigación es de índole cuasi-experimental desarrollada en dos grupos: uno experimental de 16 estudiantes que se les enseñó mediante el software y el grupo de control de 15 estudiantes que se les enseñó mediante una metodología tradicional. El enfoque fue cuantitativo, descriptivo y correlacional.

- Una referencia relevante es el trabajo efectuado por Kofman H, (2015 pp. 1-8), el cual, se denomina “Modelos y simulaciones computacionales en la enseñanza de la Física” y que tiene aplicación de simulaciones sobre fenómenos físicos. En este sentido, se efectúa un estudio de las aplicaciones computacionales en la enseñanza de esta materia y sus relaciones experimentales.
- Finalmente, según Wolfram (2023 p. 3) los denominados cuadernos constituyen una herramienta válida para el desarrollo de un trabajo de índole técnico, de una investigación, una modelación, entre otros, en este medio se persigue que el estudiante se empodere del ámbito interactivo y que se facilite la comprensión de los fenómenos de la física.

Los términos conceptuales asociados al ámbito de la presente investigación son los siguientes (Zemansky y Freedman, 2016 pp. 77-98):

- Acción y reacción: Establece la interacción de dos cuerpos mediante la aparición de fuerzas iguales y de sentidos opuestos.
- Aceleración: Es cambiar la velocidad de un cuerpo en un tiempo predeterminado.
- Análisis de datos: Es el medio analítico aplicado sobre una tabulación de datos en función de obtener un criterio que sustente una toma de decisión sobre el desarrollo de un proceso operativo y/o administrativo (Cruz, 2017 p. 58).
- Cuadro de Mando Integral: El Cuadro de Mando Integral (CMI), es una herramienta que permite establecer decisiones a los principales de la empresa, el cual, se fundamenta en un análisis de información periódica que generan los procesos en estudio. Complementariamente, el CMI pretende una aplicación de medición y análisis de indicadores que generen resultados soportados por estrategias y que permitan optimizar los recursos disponibles (Villamizar, 2015 p. 2).
- Búsqueda de las fuentes de información: Antes de la formulación de una hipótesis es necesario establecer qué tipo de información se tiene disponible, sea en fuentes internas o externas a la empresa en estudio.
- Determinismo: Es el desarrollo en un intervalo de tiempo de un sistema en estudio, el cual, agrupa magnitudes físicas iniciales y que son susceptibles de conocer en el futuro.
- Calor: Es una forma de energía que se origina por la variación de temperatura de los cuerpos.
- Cantidad de movimiento: Es también conocido como Momento Lineal o *Momentum* de carácter vectorial y que se traduce como el producto de la masa del cuerpo en análisis y su velocidad medida en un determinado instante.
- Cinemática: Es una rama de la mecánica y estudia el movimiento de los cuerpos sólidos sin analizar que lo provoca.
- Datos externos: Información que de manera general no es parte de las labores propias del objeto en estudio.

- Datos secundarios: Es la información que existe con anterioridad a la investigación y que se recopiló para otra finalidad.
- Dinámica: Constituye el estudio del equilibrio mecánico y su correspondiente relación con las fuerzas interactuantes.
- Energía, Ley de la Conservación: Determinan que la suma de la cantidad total de energía en un sistema físico aislado es invariable en el paso del tiempo. Sin embargo, la energía es factible que sea transformada en otro tipo.
- Estática: Es el estudio del equilibrio mecánico y su relación con las fuerzas que interactúan.
- Encuesta: Es el un método de levantamiento de información que permite obtener información primaria mediante un cuestionario de preguntas diseñadas con anterioridad.
- Física clásica: Es considerada una rama de carácter determinista y agrupa temas como son las Leyes de Newton, Termodinámica, Óptica, entre otros
- Fuerza: Es una magnitud vectorial que es capaz de medir el cambio del momento lineal de dos partículas.
- Formulación del problema: Constituye un procesamiento y análisis de datos preliminares que, en el fondo, permite la identificación de un cuestionamiento que se pretende solventar.
- Frecuencia: Constituye el número de repeticiones en la unidad de tiempo que sufre un determinado evento. Adicionalmente, el período es la duración de tiempo de cada uno de los eventos repetitivos, es decir, el período es el recíproco de la frecuencia
- Investigación cualitativa: Es la recopilación de información necesaria para una posterior interpretación, la cual, depende de factores como son la experiencia y la objetividad del responsable de la investigación.
- Investigación descriptiva: Es un medio que define con claridad un objeto de estudio, el cual, se enfoca en un mercado, una industria o incluso, la competencia.
- Investigación exploratoria: Es el camino útil para proporcionar al investigador un panorama de manera amplia y general sobre el fenómeno que es sujeto de interés.
- Inercia: Es la oposición de un cuerpo para variar su estado inicial.
- Leyes de Newton: Son la parte estructura de la mecánica clásica y se relacionan a la inercia, fuerza, aceleración, acción y reacción.
- Longitud: Es la distancia comprendida entre dos puntos de referencia.
- Masa: Es una magnitud física inherente a la materia de un cuerpo y que se expresa por la inercia.
- Magnitud física: Constituye una cantidad medible que es parte de un sistema físico y que puede adquirir diferentes valores a partir de una medición.
- Magnitudes escalares: Son aquellas que se definen por un número y las unidades correspondientes requeridas para su medida. Por ejemplo: el tiempo.

- Magnitudes vectoriales: Se caracterizan por una cantidad o módulo, una dirección y un sentido. Por ejemplo, se tiene la velocidad, la aceleración, la fuerza, entre otros.
- Mecánica: Es la parte de la física que se enfoca en los movimientos y en el equilibrio de los cuerpos.
- Medios de recopilación de datos: Constituyen los instrumentos que se utilizan para la generación y almacenamiento de los datos necesarios. Entre los más comunes se tienen los cuestionarios, las sesiones de grupo y las entrevistas.
- Observación: Es una técnica en la que el investigador, solamente se limita a mirar y posteriormente, analizar las acciones y hechos que son de su interés, pero sin establecer comunicación con el medio de estudio.
- Procesos: Es el conjunto de actividades secuenciales que tiene por finalidad la transformación de un elemento que cumple los requerimientos de los clientes de una organización (Pardo, 2019 p. 17).
- Fichas de procesos: Son herramientas analíticas que permiten conocer la estructura de un proceso operativo y/o administrativo, las cuales, establecen las entradas, salidas, controles y recursos requeridos (Mariño, 2015 p. 64).
- Simulación: Es la herramienta que permite un análisis de movimientos de los cuerpos, la representación de trayectorias, la visualización de fenómenos, entre otros.
- Posición: Es la ubicación de un cuerpo respecto a un punto de referencia.
- Trabajo: Es la fuerza que se aplica sobre un cuerpo y que permite su desplazamiento de un punto a otro.
- Termodinámica: Es una rama de la Física que estudia la relación entre energía, sistema y trabajo, en donde la energía se transfiere entre sistemas por medio del trabajo.
- Tiempo: Es una magnitud física que mide la duración de determinados acontecimientos de interés.
- Tutorial: Es un método que permite la transferencia de conocimiento basado en el autoaprendizaje.
- Validación de las fuentes de información: Es un medio necesario para establecer la veracidad de los datos en análisis.
- Velocidad: Es cambiar la posición de un cuerpo en un tiempo determinado.
- Variable: Es cualquier cosa que varía de una instancia a otra; es decir, muestra diferencias en valores, por lo general, en casos relacionados a las magnitudes de interés.
- Conservación de la cantidad de movimiento: Se enfoca en conocer la resultante de las fuerzas exteriores que actúan sobre un sistema en estudio, la cual, debe ser nula para que el sistema permanezca constante.



## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de investigación

La metodología determina el enfoque que se requiere para llevar a cabo el levantamiento de la información que genera el uso del *Wolfram* sobre el desarrollo de la Física Clásica. En este sentido, la modalidad a utilizar es principalmente de índole cuantitativa al intervenir sobre valores en función de obtener resultados estadísticos y las consecuentes tendencias como parte del análisis de datos.

#### 3.2 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es descriptivo ya que permite explicar los procesos que se relacionan al uso del *Wolfram* cuando se requiere solventar problemas de Física Clásica, en este punto, el levantamiento de información y herramientas de análisis se sustentan en fuentes de carácter documental que son parte de la información publicada en la página web de *Wolfram*.

#### 3.3 Diseño de investigación

##### 3.3.1 Investigación Experimental

Según Arias et al., (2017, pp. 201-206) la investigación experimental es un proceso que consiste en hacer que un objeto o un grupo de personas se coloquen en determinadas condiciones, estimulación o tratamiento (control independiente), para observar los efectos o consecuencias que se pueden producir (variable dependiente).

Las variables de carácter independiente y dependiente que son parte del presente trabajo, son las siguientes:

**Tabla 3-1:** Identificación de variables

<b>Variable Independiente</b>
<i>Notebook de Wolfram</i> sobre la Física Clásica
<b>Variable dependiente</b>
Desarrollo de las simulaciones sobre la Física Clásica

Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

### **3.3.2 Investigación Transversal**

Los resultados obtenidos de las simulaciones en *Wolfram* son instantáneos, debido a esto, podemos clasificar el trabajo como un estudio transversal.

### **3.4 Tipo de estudio**

Como se mencionó anteriormente se realizará simulaciones en *Wolfram* lo que indica que no habrá recolección de datos directa, por ende, el tipo de estudio es de carácter documental.

### **3.5 Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra**

En el caso presente, la población de estudio se delimita por la Física Clásica y sus fenómenos asociados que son capaces de ser resueltos y simulados dentro del *Wolfram*.

### **3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación**

#### **3.6.1 Métodos**

- a) El método de investigación analítico se vincula sobre el objeto de estudio en función de analizar el contenido de la Física Clásica y de sus aplicaciones sobre los fenómenos físicos. Posteriormente, es factible el análisis de las variables que intervienen dentro de la aplicación de *Wolfram* y que se requiere sean identificadas dentro del *Notebook* y así, entender la interacción de sus elementos.
- b) En el caso del método inductivo, este permitirá la observación de los hechos vinculados a los fenómenos físicos de interés, su clasificación y estudio para posteriormente, llegar a una generalización y contrastación, de modo que se logre postular una hipótesis válida dentro de las soluciones que ofrece el *Wolfram* y que faciliten el manejo del aplicativo al disponer de un *Notebook*.

#### **3.6.2 Técnicas**

La aplicación de la revisión documental asociada al contenido de la física clásica permite obtener la estructura de las leyes físicas a trabajar dentro de los fenómenos físicos. De manera complementaria, se requiere el acceso a la revisión de los denominados *notebooks* de *Wolfram* para establecer el lineamiento de trabajo a documentar y que se vinculan a las simulaciones requeridas.

#### **3.6.3 Instrumentos**

Básicamente, se trabajará con la aplicación de formatos útiles que se enfoquen en el registro de variables asociados al contenido de la física clásica, los cuales, debidamente dispuestos de una

secuencia lógica y orientada a las dimensiones correctas, permite la identificación apropiada de los datos a gestionar dentro del aplicativo de *Wolfram*.

#### **3.6.4 Objeto de estudio**

El presente proyecto se enfocará en la simulación de los fenómenos físicos que se asocian a la denominada Física Clásica y que se fundamenta en la aplicación de las 3 leyes de Newton por medio del software de *Wolfram*, el cual, es la herramienta de simulación que se sustenta en un *Notebook* como parte del desarrollo. Bajo este lineamiento, se pretende disponer de un documento guía de aplicación práctica en la resolución de problemas de la Física Clásica que requieran de un análisis de datos y de la consecuente toma de decisiones.

#### **3.6.5 Enfoque de investigación**

De acuerdo con Kinnear y Taylor (2016, pp. 322-323), se determina que la investigación cualitativa es la adquisición de información significativa para comprender el comportamiento de las personas y las razones que marcan ese comportamiento. En este punto, se basa en principios de carácter teórico como es la interacción social por medio del uso de métodos de recolección de información. En la presente investigación, el enfoque cualitativo tendrá como fin la descripción del proceso de uso del aplicativo de *Wolfram* y de sus variables de control.

#### **3.6.6 Diseño de instrumentos de investigación**

Dentro del levantamiento de información, se define la estructura del formato para el registro de los datos que se relacionan al uso práctico del software de *Wolfram*. El contenido de los formatos se determina por la identificación de las variables que son parte del proceso en análisis.

### **3.7 Ficha de Caracterización**

La denominada ficha de caracterización asociada a un proceso es una herramienta analítica que permite establecer el contenido de interés de un proceso en base a: las entradas, las salidas, los controles y los recursos que son parte de las actividades. En la Tabla 2-3, se desarrolla un ejemplo con la caracterización de la cantidad de movimiento.

**Tabla 3-2:** Delimitación del problema de investigación por medio de una Ficha de Caracterización

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		
FACULTAD DE CIENCIAS / CARRERA DE BIOFÍSICA		
FICHA DE PROCESO		
SUMINISTRADORES	CONTROLES	CLIENTES
Estudiante	Cuaderno de Wolfram Leyes de la Física clásica	Estudiante
ENTRADAS	NOMBRE DEL PROCESO	SALIDAS
Datos de las variables (masa, velocidad inicial, velocidad final, unidades de medida)	Simulación de Cantidad de Movimiento Lineal	Resultados de las variables Gráficas del movimiento Unidades de medida Archivo de resultados
RECURSOS		INDICADORES
PERSONAL: Estudiante FINANCIERO: N/A INSTALACION: Personales TECNOLOGÍA: PC		Validación de resultados



Fuente: (Bernal, 2016 pp. 88-90) , Ficha de Proceso

Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

El presente trabajo que se vincula a la implementación de simulaciones de Física en problemas como la Cantidad de Movimiento, Movimiento Rectilíneo Uniforme y Variado, Caída Libre, Energía, Leyes de Newton, Impulso, Movimiento Parabólico, Impulso y Centro de Masas, requiere el conocimiento básico de los siguientes ámbitos:

- Suministrador, de manera global, el alumno se constituye en el ente principal que facilita los datos correspondientes para el normal desarrollo de la simulación que se requiera, este particular es función directa del problema a resolver.
- Cliente, en este caso, es la persona que requiere conocer los resultados inherentes a la aplicación del *Wolfram* en una determinada simulación.
- Entradas, en el ingreso de los valores que corresponden a datos que son parte de la problemática a resolver, en este caso, se tiene por ejemplo las variables de la velocidad inicial, unidades de medida, ángulos, aceleraciones, tiempos.
- Salidas, determinan en sí, la aplicación de la simulación y la consecuente obtención de gráficas de movimiento, unidades de medida, archivo de resultados. Cada una de las

expresiones que se obtiene como resultado es parte de los requerimientos de los temas a resolver.

- Controles, este particular se asocia a la existencia del denominado Cuaderno de *Wolfram*, el cual, se basa en el contenido de las Leyes de la Física Clásica. En este punto, se debe tener presente que la resolución de los problemas planteados sigue el lineamiento conocido de la física y que para ser parte del *Wolfram*, requiere de la existencia de un aspecto teórico de la problemática, lo que se resume en el cuaderno de *Wolfram*.
- Recursos, constituyen los medios que son parte del aspecto operativo y humano que se requiere para la aplicación del *Wolfram*, por lo mismo, aparece la existencia de los estudiantes, los computadores y laboratorios.

## CAPITULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Desarrollo de la simulación en el entorno *Wolfram Mathematica*

Se desarrolla un programa con extensión .nb para realizar las simulaciones previstas en el programa *Wolfram Mathematica*. Este programa consta de 12 simulaciones que abarcan 4 temas de la física clásica: Cinemática, Leyes de Newton, Trabajo y Energía y Sistemas de partículas. En el cuaderno consta de un título para cada una de las temáticas a ser simuladas, posteriormente se presenta una breve definición y se detalla la formulación matemática de dicha temática.

Una vez clara la definición y teniendo conocimiento de las fórmulas que rigen dicho tema, se procede a presentar una simulación. Esta simulación posee parámetros de entrada interactivos, y utiliza la formulación matemática expuesta para su resolución, se presenta los resultados en forma de diferentes gráficas en donde el estudiante podrá visualizar de manera gráfica las soluciones a los problemas planteados.

Una vez clara la estructura del cuaderno, se procede a detallar cada una de las simulaciones dependiendo de su temática, en donde se explicará cada una de las variables de entrada, y los resultados obtenidos mediante gráficas.

##### 4.1.1 *Movimiento Rectilíneo Uniforme y Uniformemente Variado*

Para la simulación del MRU se presenta la respectiva codificación input donde defiiimos los parámetros como velocidad, tiempo, diastancia y los intervalos para cada uno de los parámetros ya mencionados. **Ver (Ilustraciones 4-1, 4-2, 4-3).**

```
Gráfica de Movimiento Rectilíneo Uniforme

In[ ]:= f[x0_, v0_, a0_, t_] := f[x0, v0, a0, t] = x0 + v0 t +  $\frac{1}{2}$  a0 t2;
df[x0_, v0_, a0_, t_] := df[x0, v0, a0, t] = D[f[x0, v0, a0, t], t];
d2f[x0_, v0_, a0_, t_] := d2f[x0, v0, a0, t] = D[df[x0, v0, a0, t], t];

a0 = 0;
Manipulate[Grid[{{
Plot[
Evaluate[f[x0, v0, a0, t]], {t, 0, tf},
AspectRatio -> 1, AxesLabel -> {t, x[t]}, PlotRange -> {{0, 10}, {0, 100}},
```

**Ilustración 4-1:** Codificación input de MRU sección 1.

Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

PlotStyle → {Black, Thick}, AxesStyle → {{Black, Thick}, {Black, Thick}},
      |negro |grueso |estilo de ejes |negro |grueso |negro |grueso
ImageSize → {195, 150}
      |tamaño de imagen
], |

Plot [
|representación gráfica
Evaluate[df[x0, v0, a0, t]], {t, 0, tf},
|evalúa
AspectRatio → 1, AxesLabel → {t, v[t]}, PlotRange → {{0, 10}, {0, 20}},
|cociente de aspecto |etiqueta de ejes |rango de representación
PlotStyle → {Red, Thick}, AxesStyle → {{Black, Thick}, {Black, Thick}},
|estilo de repre... |rojo |grueso |estilo de ejes |negro |grueso |negro |grueso
ImageSize → {195, 150}
|tamaño de imagen

```

**Ilustración 4-2:** Codificación input de MRU sección 2.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

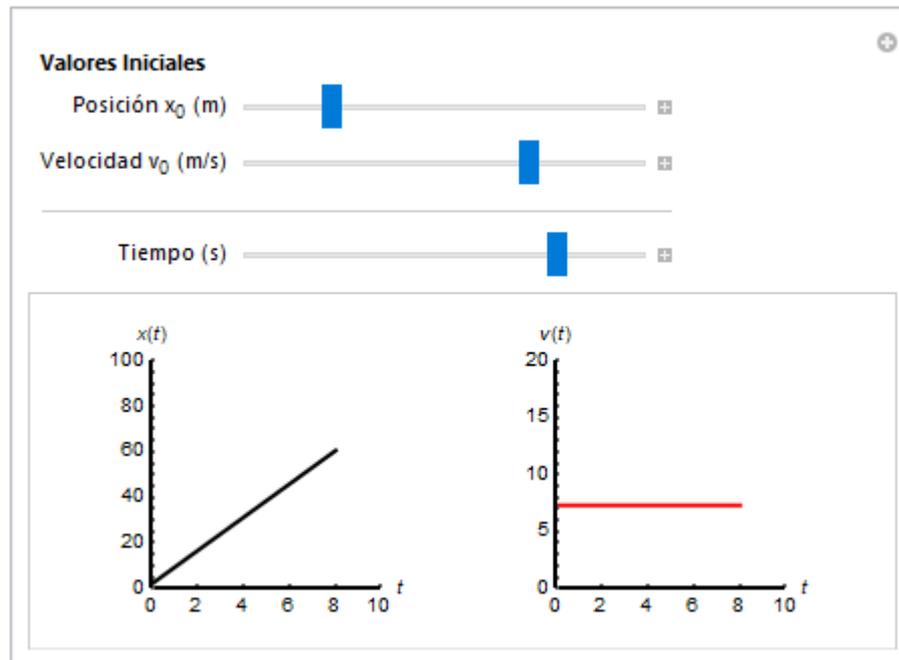
```

] } } ],
Style["Valores Iniciales", Bold],
|estilo |negrita
{{x0, 1, "Posición x0 (m)"}, 0, 10},
{{v0, 2, "Velocidad v0 (m/s)"}, 0, 10},
Delimiter,
|delimitador
{{tf, 5, "Tiempo (s)"}, 0.1, 10}, SaveDefinitions → True
|guarda definiciones |verdadero
]

```

**Ilustración 4-3:** Codificación input de MRU sección 3.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

En la primera simulación de **MRU** se tiene las gráficas que representan la posición y la velocidad de una partícula al realizar movimiento rectilíneo uniforme. Los parámetros de entrada son los valores de la posición y la velocidad iniciales **ver (Ilustración 4-4)**. Se mueve la barra del tiempo para animar la simulación.



**Ilustración 4-4:** Simulación MRU.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

La segunda simulación es del **MRUV**, se presenta la respectiva codificación input donde defimos los parámetros como velocidad, tiempo, diastancia, aceleación, los intervalos para cada uno de los parámetros ya mencionados así como también las salidas que van a ser los gráficos interactivos (output).

## Gráfica de Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

```

In[*]:= Manipulate[
|manipula
  accel = Interpolation[{{0, 0}, Sequence@@pts, {10, 0}},
|interpolación |secuencia
  InterpolationOrder -> ord];
|orden de interpolación
  position = accel(-2)[#] + (v0 - accel(-1)[0]) # + x0 - accel(-2)[0] &;
  velocity = accel(-1)[#] + v0 - accel(-1)[0] &;
  With[{ti = 0, tf = 10,
|con
  opts = Sequence[AxesStyle -> Arrowheads[.035], ImageSize -> {450, 150},
|secuencia |estilo de ejes |cabeceras de flecha |tamaño de imagen

```

**Ilustración 4-5:** Codificación input de MRUV sección 1.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

AspectRatio → 150 / 450, ImagePadding → {{50, 60}, {20, 20}},
|cociente de aspecto |relleno de imagen
Column [ {
|columna
LocatorPane[Dynamic[pts, {None, Temporary, (pts = SortBy[#, First]) &}],
|panel con local· |dinámico |ning· |temporal |ordena por |primero
Plot[accel[t], {t, ti, tf}, PlotRange → {{ti, tf}, {-10, 10}},
|representación gráfica |rango de representación
AxesLabel → {"Tiempo [s]", "Aceleración [m/s2"]}, opts,
|etiqueta de ejes
{{0.01, -10}, {9.99, 10}},
LocatorAutoCreate → True, ContentPadding → False, FrameMargins → None,
|autocreación de localiza· |verd· |relleno de contenido |falso |márgenes de ma· |ninguno
Appearance → Style["⊙", Red, Large]],
|aparición |estilo |rojo |grande
Plot[velocity[t], {t, ti, tf}, PlotRange → {{ti, tf}, Automatic},
|representación gráfica |rango de representación |automático
AxesLabel → {"Tiempo [s]", "Velocidad [m/s]"}, opts,

```

**Ilustración 4-6:** Codificación input de MRUV sección 2.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

Plot[position[t], {t, ti, tf}, PlotRange → {{ti, tf}, Automatic},
|representación gráfica |rango de representación |automático
AxesLabel → {"Tiempo [s]", "Posición [m]"}, opts ]}],
|etiqueta de ejes
{{pts, {{1, 5}, {4, -5}, {8, 2}}}, None},
|ninguno
{accel, None},
|ninguno
{velocity, None},
|ninguno
{position, None},
|ninguno
{{ord, 0, "interpolation order"}, (*{1,2,3},*) None},
|ninguno
Delimiter,
|delimitador
Dynamic[Grid[{{}}, {}, {Style["Puntos ", Bold], SpanFromLeft}],

```

**Ilustración 4-7:** Codificación input de MRUV sección 3.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

{Row[{Style["t,a= ", Italic], pts}], {}, {}, Alignment → Left]],
|fila |estilo |itálica |alineamiento |izquierda
Delimiter,
|delimitador
Dynamic[Grid[{{}, {}, {Style["Aceleración Media ", Bold], SpanFromLeft},
|dinámico |rejilla |estilo |negrita |extiende desde la izquierda
{Row[{" ", Subscript[Style["a", Italic], "av"]}], " = ",
|fila |subíndice |estilo |itálica
Round[ $\frac{1}{10} (\text{velocity}[10] - v0)$ , .1], " [m/s2"]}, {}, Alignment → Left]],
|entero más próximo |alineamiento |izquierda
Delimiter,
|delimitador
{{v0, 0, Dynamic[Grid[{{
|dinámico |rejilla
{Style["Velocidad Inicial ", Bold], SpanFromLeft},
|estilo |negrita |extiende desde la izquierda

```

**Ilustración 4-8:** Codificación input de MRUV sección 4.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

{Row[{" ", Subscript[Style["v", Italic], "0"], " = ", v0, " [m/s]"}]],
|fila |subíndice |estilo |itálica
{Style["Velocidad Media", Bold], SpanFromLeft},
|estilo |negrita |extiende desde la izquierda
{Row[{" ", Subscript[Style["v", Italic], "av"], " = ",
|fila |subíndice |estilo |itálica
Round[ $\frac{1}{10} (\text{position}[10] - x0)$ , .1], " [m/s]"}]],
|entero más próximo
{Style["Velocidad Final", Bold], SpanFromLeft},
|estilo |negrita |extiende desde la izquierda
{Row[{" ", Subscript[Style["v", Italic], Style["f", Italic]],
|fila |subíndice |estilo |itálica |estilo |itálica
" = ", Round[velocity[10], .1], " [m/s]"}]], Alignment → Left]],
|entero más próximo |alineamiento |izquierda
-50, 50, VerticalSlider, ImageSize → Small}},
|deslizador vertical |tamaño de i... |tamaño pequeño

```

**Ilustración 4-9:** Codificación input de MRUV sección 5.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

Delimitar,
|delimitador
{{x0, 0, Dynamic[Grid[{
|dinámico |rejilla
  {Style["Posición Inicial", Bold], SpanFromLeft},
|estilo |negrita |extiende desde la izquierda
  {Row[{"", Subscript[Style["x", Italic], "0"], " = ", x0, " [m]"}]},
|fila |subíndice |estilo |itálica
  {Style["Posición Media", Bold], SpanFromLeft},
|estilo |negrita |extiende desde la izquierda
  {Row[{"", Subscript[Style["x", Italic], "av"], " = ",
|fila |subíndice |estilo |itálica
    Round[NIntegrate[position[t], {t, 0, 10}] / 10, .1], " [m]"}]},
|entero... |integra numéricamente
  {Style["Posición Final", Bold], SpanFromLeft},
|estilo |negrita |extiende desde la izquierda
  {Row[{"", Subscript[Style["x", Italic], Style["f", Italic]],
|fila |subíndice |estilo |itálica |estilo |itálica

```

**Ilustración 4-10:** Codificación input de MRUV sección 6.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

" = ", Round[position[10], .1], " [m]"}]}, Alignment → Left]],
|entero más próximo |alineamiento |izquierda
-80, 80, VerticalSlider, ImageSize → Small},
|deslizador vertical |tamaño de i... |tamaño pequeño
ControlPlacement → Left,
|posicionamiento de con... |izquierda
Bookmarks → {"Lanzar y Atrapar" => (pts = {{0.01, -9.8}, {9.99, -9.8}});
|marcalibros
  v0 = 49;
  x0 = 0),
  "Acelerar y Desacelerar" => (pts = {{1, 5}, {4, 5}, {6, 0}});
  v0 = 0;
  x0 = 0),
  "Doble Aceleración" => (pts = {{1, 5}, {3, 5}, {4, 0}, {6, 0}, {7, 5}, {9, 5}});
  v0 = 0;
  x0 = 0),
  "Senoidal" =>

```

**Ilustración 4-11:** Codificación input de MRUV sección 7.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

(pts = {{1, 5}, {2, 0}, {3, -5}, {4, 0}, {5, 5}, {6, 0}, {7, -5}, {8, 0}, {9, 5}};
v0 = 0;
x0 = 0) } ]

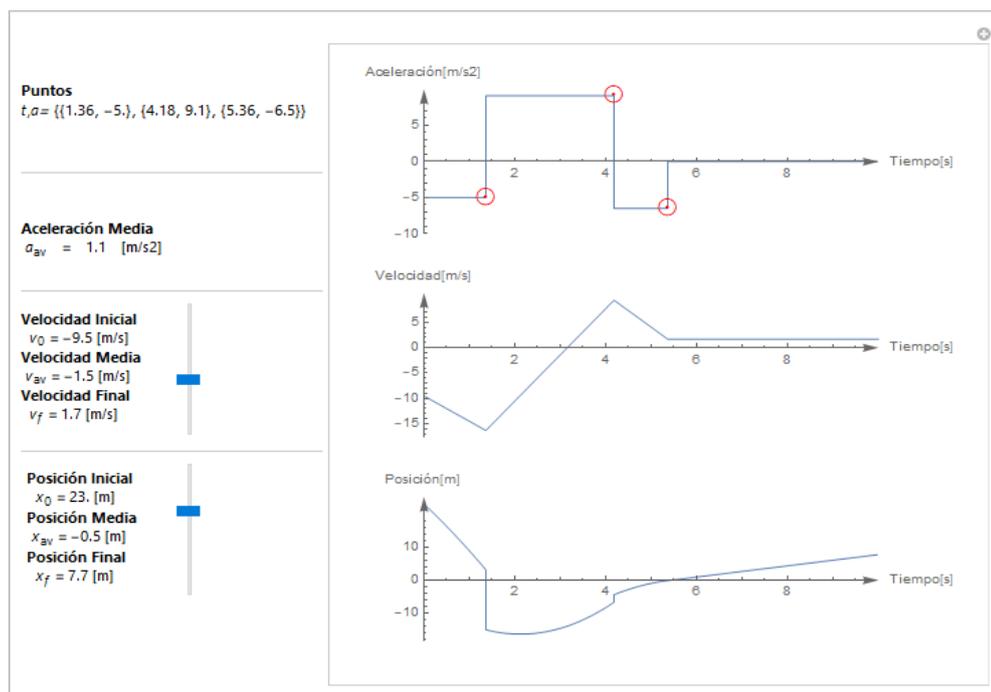
```

**Ilustración 4-12:** Codificación input de MRUV sección 8.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

Para la simulación de MRUV los parámetros de entrada son tres puntos interactivos, en donde se detalla la aceleración en 3 tramos de un movimiento rectilíneo uniformemente variado. Los puntos

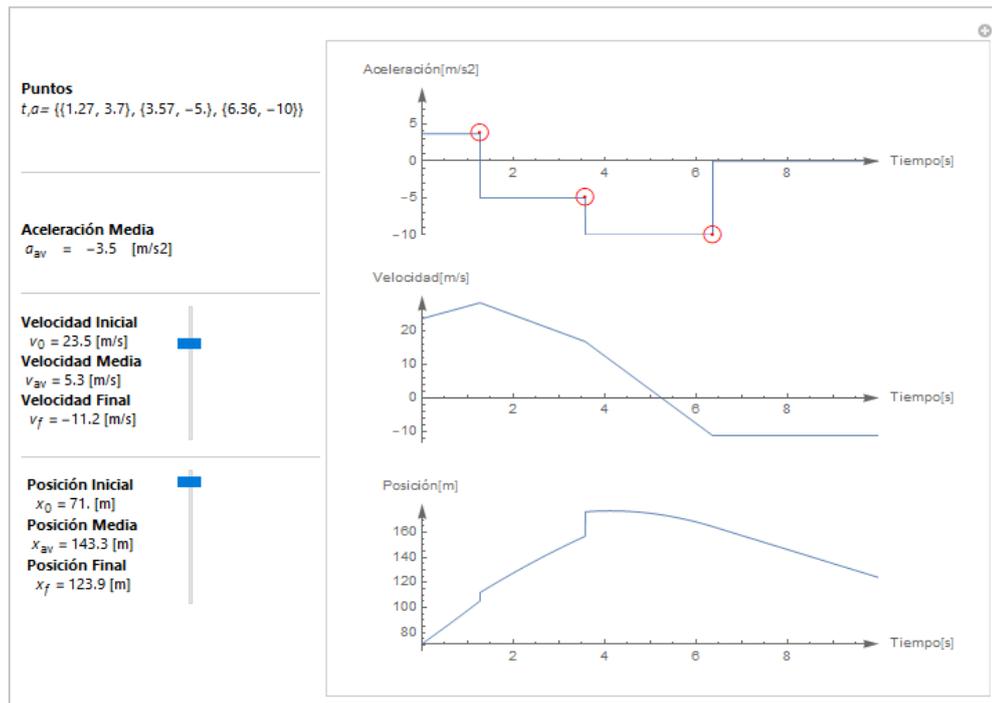
rojos se pueden mover de manera interactiva, y el apartado "Puntos" muestra el valor de las coordenadas de los tres puntos marcados en el plano **ver (Ilustración 4-13)**. Posteriormente se tiene dos barras de selección en donde se puede dar valores de velocidad inicial y de posición inicial para el movimiento.

La simulación calcula los gráficos de Posición vs Tiempo y Velocidad vs Tiempo con los valores de aceleración introducidos. Las gráficas varían en tiempo real con cada una de las posiciones previstas al inicio **ver (Ilustración 4-14)**. A continuación, se presenta dos ejemplos con diferente disposición de punto y con velocidades y posiciones iniciales.



**Ilustración 4-13:** Simulación MRUV Disposición 1.

Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-14:** Simulación MRUV Disposición 2.

Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

Los parámetros de salida son gráficos y numéricos, pues los resultados que se tienen son en forma de gráficas y además en la parte izquierda se calculan: Aceleración Media, Velocidad Media, Velocidad Final, Posición Media y Posición Final.

#### 4.1.2 Caída Libre y Lanzamiento Parabólico

Para la simulación es este apartado se presenta la respectiva codificación input donde se define los parámetros como velocidad inicial, velocidad final, tiempo, distancia, gravedad, ángulo de lanzamiento, altura, los intervalos para cada uno de los parámetros ya mencionados, especificaciones para el eje x y eje y y así como también las salidas que van a ser los gráficos interactivos.

## Gráfica de Caída Libre y Lanzamiento Parabólico

```

In[ ]:= Manipulate[
  |manipula

  Module[
    |módulo

    {g = 10., x, y},
    v0Max = 10.;
    α = (deg * Pi / 180);
    |número pi

    HMax = 10;

    y = H + Tan[α] x -  $\frac{g}{2 v0^2 \text{Cos}[\alpha]^2} x^2$ ;
  ]

```

**Ilustración 4-15:** Codificación input de Caída Libre y Mov. Parabólica sección1.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

xRange = v0 Cos[α]  $\frac{v0 \text{Sin}[\alpha] + \sqrt{v0^2 \text{Sin}[\alpha]^2 + 2 g H}}{g}$ ;
|coseno

xMax =  $\frac{v0Max}{g} \sqrt{v0Max^2 + 2 HMax g}$ ;

yMax = HMax +  $\frac{v0Max^2}{2 g}$ ;

αOptimum = (90) - (180 / Pi) * ArcSin[ $\sqrt{\frac{v0^2}{2 (v0^2 + H g)}}$ ];
|nú... |arco seno

ar =  $\frac{yMax}{xMax}$ ;

Cliff = Graphics[{Black, Rectangle[{-1, -1}, {0, H}]}];
|gráfico |negro |rectángulo

yaxis = Graphics[{Black, Dotted, Line[{0, H}, {0, H + 5}]}],

```

**Ilustración 4-16:** Codificación input de Caída Libre y Mov. Parabólico sección2.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

yaxis = Graphics[{Black, Dotted, Line[{0, H}, {0, H + 5}]}],
|gráfico |negro |punteado |línea

Line[{0, H}, {H + 5, H}], Line[{0, H}, {ar * 8 * Cos[α], H + 8 Sin[α]}]}];
|línea |coseno |seno

anglelabel = Graphics[{Black,
|gráfico |negro

Circle[{0, H}, 4, {0, α + .05}],
|círculo

Text[Style["α", FontSize -> 14],
|texto |estilo |tamaño de tipo de letra

{ar * 3 * Cos[1/2 (α)], H + ar * 3 * Sin[1/2 (α)}]}];
|coseno |seno

Sea = Graphics[{ColorData["HTML", "SlateBlue"],
|gráfico |datos de colores

Rectangle[{-1, -1}, {xMax, 0.0}]}];
|rectángulo

v0Vector =

```

**Ilustración 4-17:** Codificación input de Caída Libre y Mov. Parabólico sección3.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

Graphics[ { Thick, RGBColor[1, .47, 0],
|gráfico |grueso |color RGB
Arrow[ { {0, H}, {  $\frac{v0}{3} \ar \text{Cos}[\alpha]$ ,  $H + \frac{v0}{3} \text{Sin}[\alpha]$  } } ] ];
|flecha |coseno |seno
Show[ Plot[ y, {x, 0.000, xMax},
|mue... |representación gráfica
PlotRange -> { {-0.5, xMax}, {-0.5, yMax} }, Frame -> True,
|rango de representación |marco |verdadero
FrameLabel -> { Row[ {Style["x", Italic], " (m)"} ],
|etiqueta de marco |fila |estilo |itálica
Row[ {Style["y", Italic], " (m)"} ],
|fila |estilo |itálica
PlotLabel -> Row[ {"α = ", NumberForm[N[α / Degree], {5, 2}], "° | ",
|etiqueta de r... |fila |forma de nú... |valo... |grado
Row[ {Style["v", Italic]_}, " = ", NumberForm[N[v0], {5, 1}],
|fila |forma de nú... |valor numérico

```

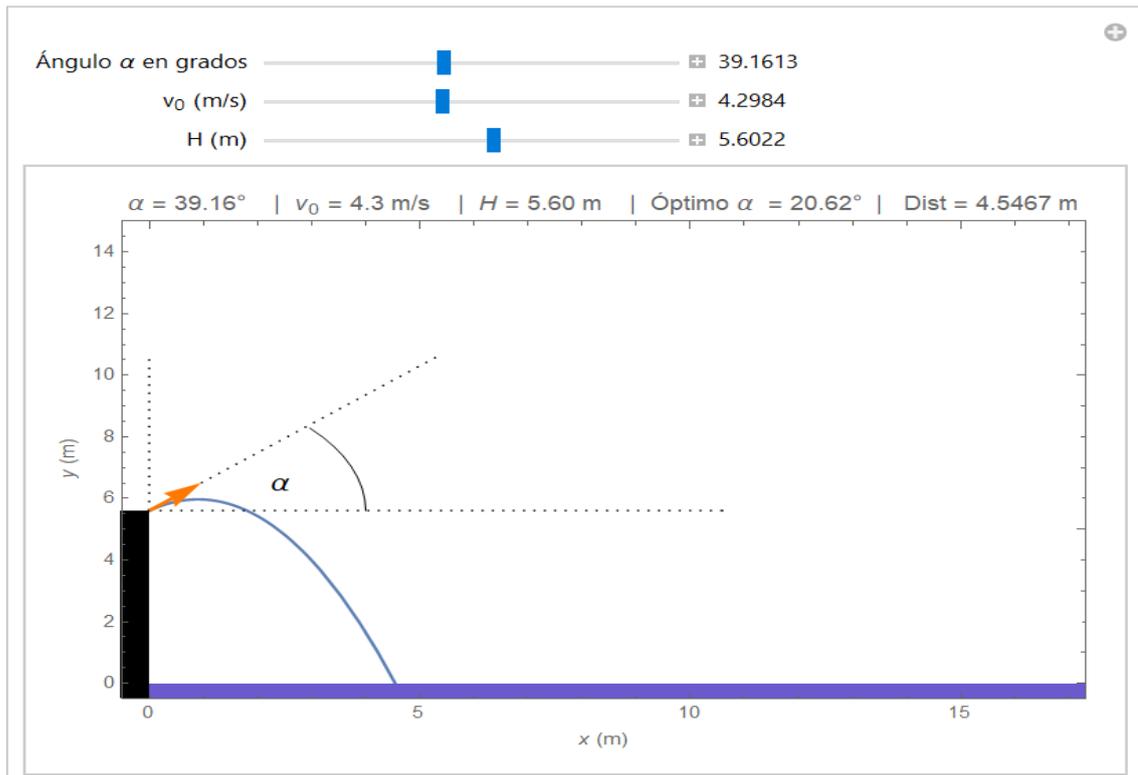
**Ilustración 4-18:** Codificación input de Caída Libre y Mov. Parabólico sección4.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.

```

" m/s | ", Style["H", Italic], " = ", NumberForm[N[H], {5, 2}],
|estilo |itálica |forma de nú... |valor numérico
" m | Óptimo α = ", NumberForm[N[(90) - αOptimum], {5, 2}],
|forma de nú... |valor numérico
"° | Dist = ", NumberForm[N[xRange], {5, 4}],
|forma de nú... |valor numérico
ExponentFunction -> (Null &), " m"]], ImageSize -> 500], Sea, Cliff,
|función exponente |expresión nula |tamaño de imagen
yaxis, anglelabel, v0Vector] ],
{{deg, 90 - αOptimum, "Ángulo α en grados"}, 0, 90, Appearance -> "Labeled"},
|apariciencia
{{v0, 9, "v0 (m/s)"}, 1 / 1000, v0Max, Appearance -> "Labeled"},
|apariciencia
{{H, 4, "H (m)"}, 0, HMax, Appearance -> "Labeled"}, TrackedSymbols -> Manipulate]
|apariciencia |símbolos rastreados |manipula

```

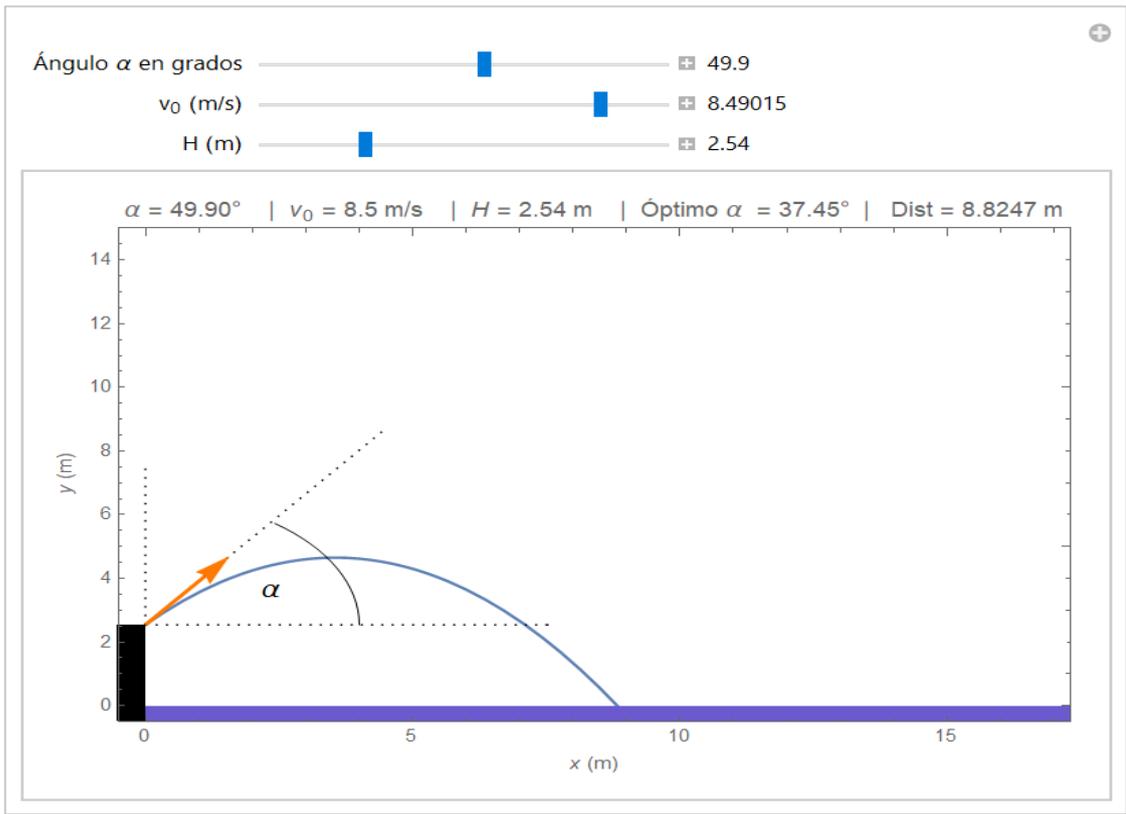
**Ilustración 4-19:** Codificación input de Caída Libre y Mov. Parabólico sección5.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.



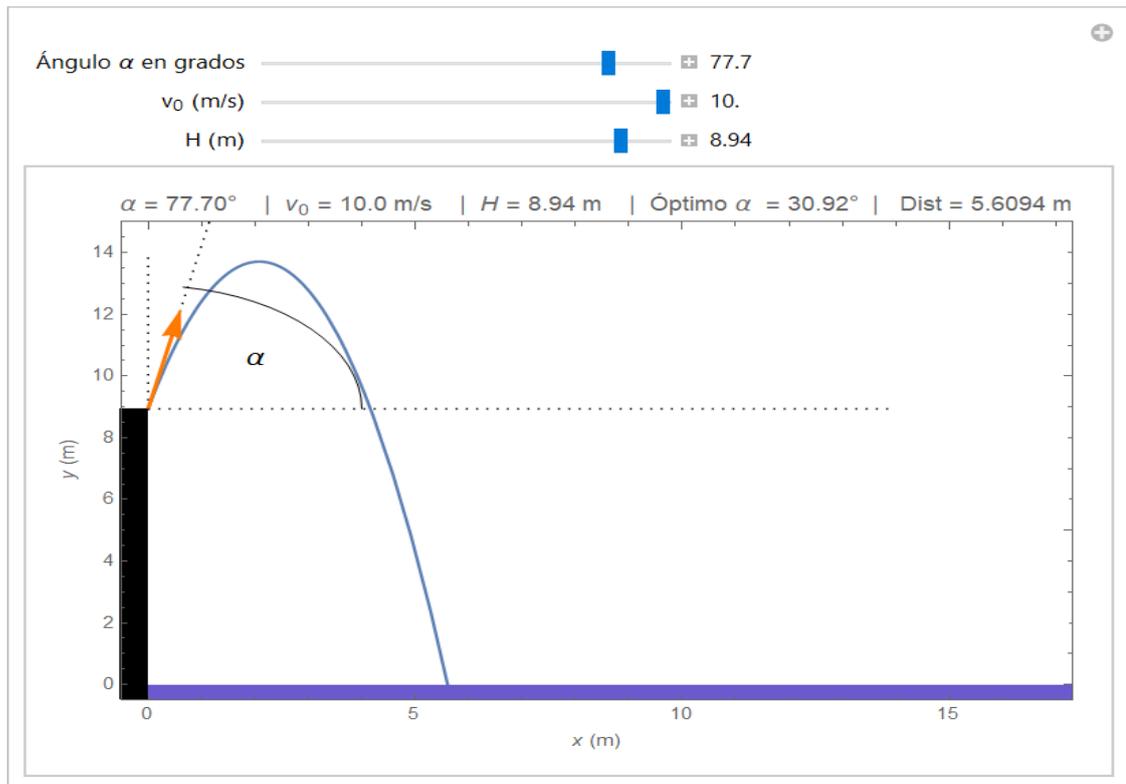
**Ilustración 4-20:** Simulación Lanzamiento desde Colina.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.

Esta gráfica corresponde a un lanzamiento desde una colina, en esta se aplica toda la formulación matemática del tema tratado y se tienen 3 parámetros de entrada: un ángulo de lanzamiento, la velocidad inicial del lanzamiento y la altura del lanzamiento. Los parámetros de entrada están en forma de barras interactivas en donde se manipula los valores moviendo cada una de las barras. En cuanto a los parámetros de salida se tiene una gráfica en donde se muestra la trayectoria del lanzamiento de acuerdo con los parámetros establecidos, se muestra en un sistema de coordenadas (x,y). Además, se tienen parámetros de salida como el ángulo óptimo de lanzamiento que permite la máxima distancia de lanzamiento, y también se presenta la distancia final de lanzamiento **ver (Ilustraciones 4-20, 4-21, 4-22).**

Se presenta a continuación dos ejemplos más con diferentes disposiciones de parámetros iniciales.



**Ilustración 4-21:** Simulación Lanzamiento desde Colina Disposición 1.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-22:** Simulación Lanzamiento desde Colina Disposición 2.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

### 4.1.3 Leyes de Newton

En este apartado se tienen 3 simulaciones, la primera corresponde a la Segunda ley de Newton. Para la Segunda Ley de Newton se presenta la respectiva codificación input donde defínimos los parámetros como, fuerza, masa, aceleración, los intervalos para cada uno de los parámetros ya mencionados así como también las salidas que va ser el gráfico interactivo a la hora de ejecutar el programa.

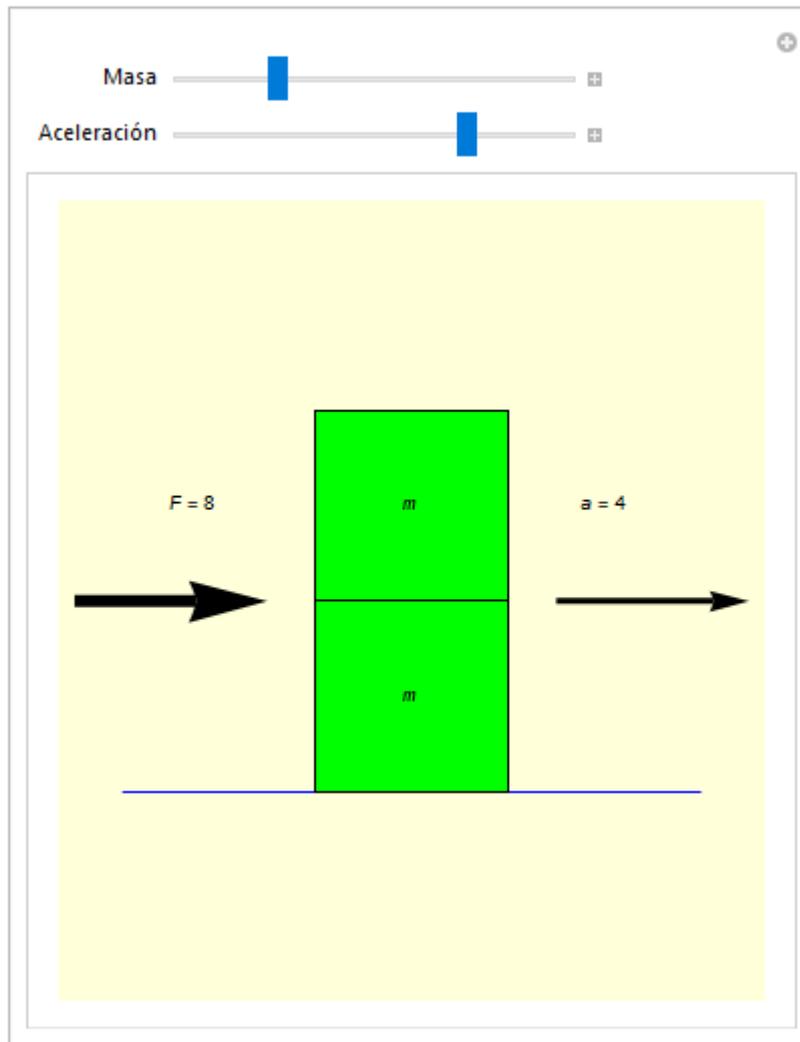
```
Gráfica Aplicación Segunda Ley de Newton

In[ ]:= Manipulate[
  |manipula
  Graphics[ {Blue, Thickness[.005], Line[{{-2, 0}, {4, 0}}], Black,
  |gráfico |azul |grosor |línea |negro
  Thickness[.0025 (m) (a)], Arrowheads[.014 (m) (a)],
  |grosor |cabeceras de flecha
  Arrow[{{-2.5, m}, {- .5, m}}],
  |flecha
  Text[Row[{Style["F (N)", Italic], " = " <> ToString[(m) (a)]}], {-1.25, m + 1}],
  |texto |fila |estilo |itálica |convierte a cadena de caracteres
  Thickness[.0025 (a)], Arrowheads[.014 (a)], Arrow[{{2.5, m}, {4.5, m}}],
  |grosor |cabeceras de flecha |flecha
  Text[Row[{Style["a (m/s2)", Italic], " = ", ToString[(a)]}], {3, m + 1}],
  |texto |fila |estilo |itálica |convierte a cadena de caracteres
  Table[{Green, EdgeForm[Black], Rectangle[{0, h}, {2, h + 2}], Black,
```

**Ilustración 4-23:** Codificación input de la Segunda Ley de Newton sección 1.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```
Thickness[.0025 (m) (a)], Arrowheads[.014 (m) (a)],
|grosor |cabeceras de flecha
Arrow[{{-2.5, m}, {- .5, m}}],
|flecha
Text[Row[{Style["F (N)", Italic], " = " <> ToString[(m) (a)]}], {-1.25, m + 1}],
|texto |fila |estilo |itálica |convierte a cadena de caracteres
Thickness[.0025 (a)], Arrowheads[.014 (a)], Arrow[{{2.5, m}, {4.5, m}}],
|grosor |cabeceras de flecha |flecha
Text[Row[{Style["a (m/s2)", Italic], " = ", ToString[(a)]}], {3, m + 1}],
|texto |fila |estilo |itálica |convierte a cadena de caracteres
Table[{Green, EdgeForm[Black], Rectangle[{0, h}, {2, h + 2}], Black,
|tabla |verde |forma de ... |negro |rectángulo |negro
Text[Style["m (kg)", Italic], {1, h + 1}], {h, 0, 2 (m - 1), 2}],
|texto |estilo |itálica
ImageSize -> {350, 400}, Background -> LightYellow], {{m, 2, "Masa (Kg)", 1, 5, 1},
|tamaño de imagen |fondo de imager |amarillo claro
{{a, 2, "Aceleración (m/s2)", 1, 5, 1}}
```

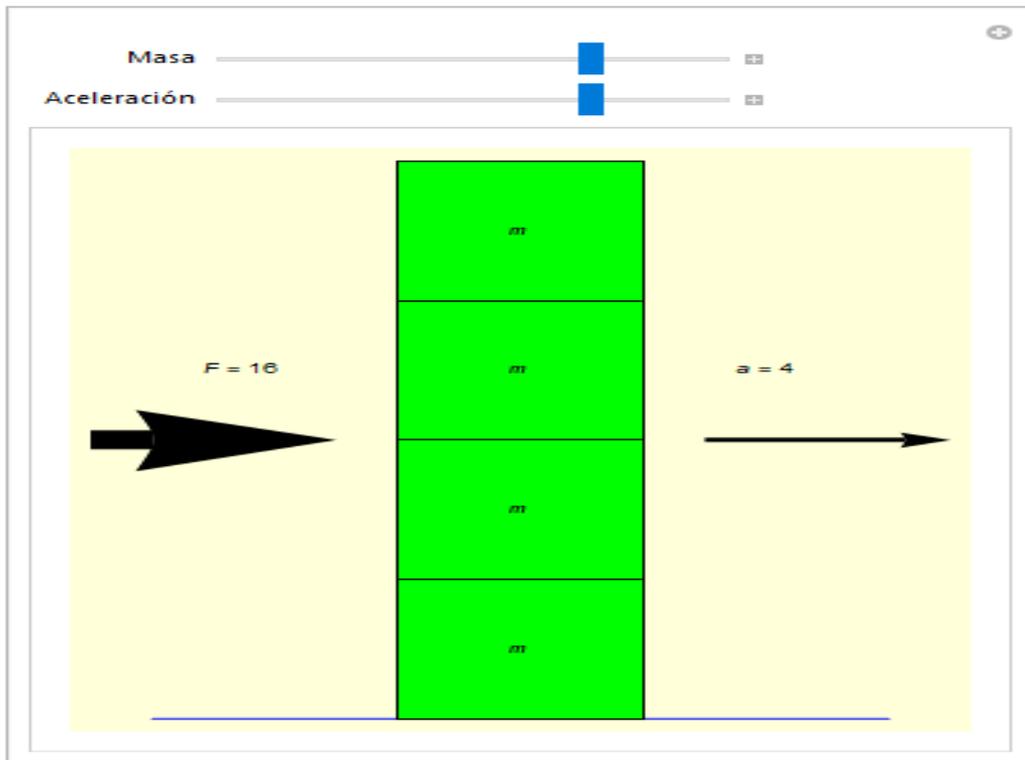
**Ilustración 4-24:** Codificación input de la Segunda Ley de Newton sección 2.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



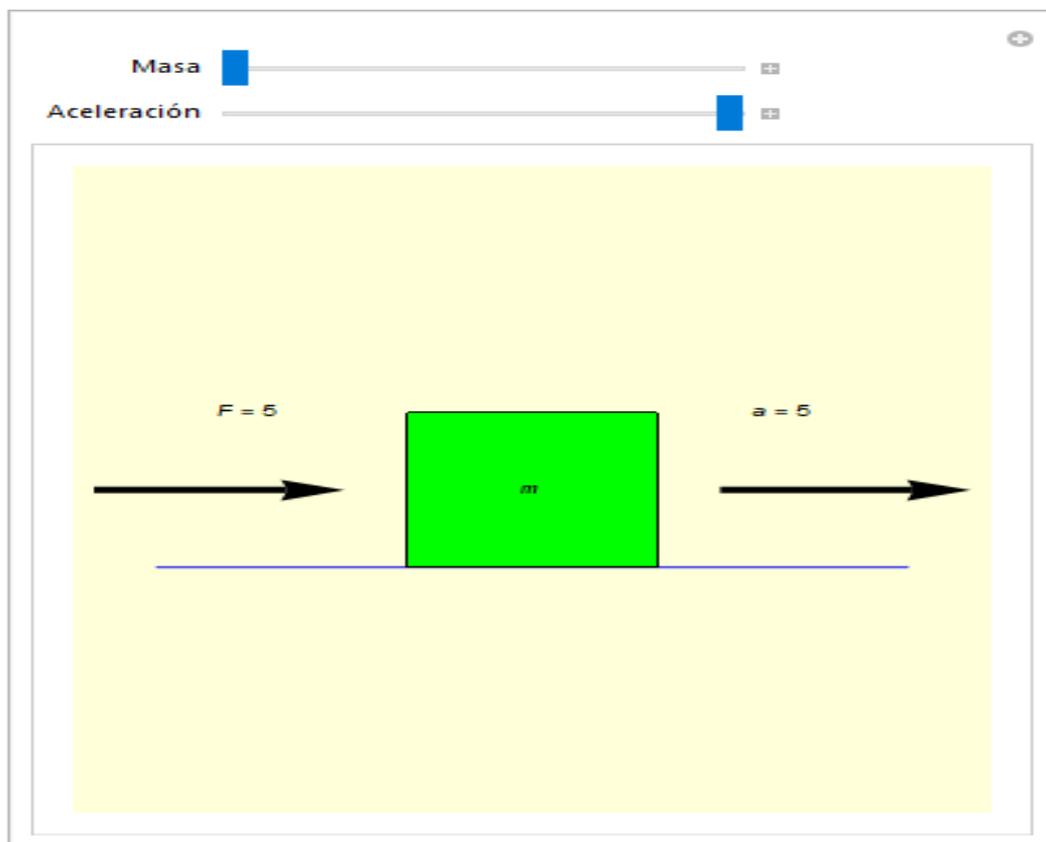
**Ilustración 4-25:** Simulación Segunda Ley de Newton.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

En esta simulación los parámetros de entrada son la masa total de los objetos, representados con cajas de valor  $m$  (mientras mayor sea la masa, más cajones serán graficados) y la aceleración representada con la flecha de la derecha. La simulación calcula la fuerza necesaria para que se pueda mover dichas cajas para llegar a esa aceleración. Mientras mayor sea la Fuerza, más gruesa se vuelve la flecha de la izquierda **ver (Ilustración 4-25)**.

A continuación, se presentan ejemplos más con diferentes parámetros de entrada: **ver (Ilustraciones 4-26, 4-27)**.



**Ilustración 4-26:** Simulación Segunda Ley de Newton Disposición 1.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-27:** Simulación Segunda Ley de Newton Disposición 2.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

La segunda simulación hace referencia a la Tercera Ley de Newton así también se muestra la codificación input para obtener el ejemplo que consiste en la ley de acción reacción mediante el equilibrio de fuerzas de un bloque apoyado, para el cual se definen los parámetros como peso, fuerza, distancia.

## Ejemplo de Aplicación Tercera Ley de Newton

```
In[ ]:= Manipulate[
  |manipula
  Pane[
    |zona
    Text@Style[
      |texto |estilo
      Grid[{
        |rejilla
        {Graphics[{
          |gráfico
          {Brown, EdgeForm[Thin], Rectangle[{0, 0}, {10, 2}]},
          |marrón |forma de ... |delgado |rectángulo
          {Blue, Opacity[.7], EdgeForm[Thin], Rectangle[{t - 1, 2}, {t + 1, 4}]},
          |azul |opacidad |forma de ... |delgado |rectángulo
          {Blue, Opacity[.7], Polygon[{{-1, -1}, {1, -1}, {0, 0}]}},

```

**Ilustración 4-28:** Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 1.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```
{Blue, Opacity[.7], Polygon[{{9, -1}, {11, -1}, {10, 0}]}},
|azul |opacidad |polígono
{Red, Arrowheads[Medium], Arrow[{{t, 3}, {t, 1}]}},
|rojo |cabeceras de · |tamaño ... |flecha
{Text[Row[{Style["FA", Italic], " = ",
|texto |fila |estilo |itálica
Style[NumberForm[N[a], {5, 2}], Red], Style[" [N]", Red]}],
|estilo |forma de nú... |valor numérico |rojo |estilo |rojo
{t + 3, 1}]},
{Blue, Arrowheads[Medium], Arrow[{{t, -1}, {t, 1}]}},
|azul |cabeceras de · |tamaño ... |flecha
{Text[Row[{Style["FRes = -FA", Italic], " = ",
|texto |fila |estilo |itálica
Style[NumberForm[N[-a], {5, 2}], Blue], Style[" [N]", Blue]}],
|estilo |forma de nú... |valor numérico |azul |estilo |azul
{t, -2}]},
```

**Ilustración 4-29:** Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 2.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

{Green, Arrowheads[Medium], Arrow[{{0, -3}, {0, 0}}]},
|verde |cabeceras de |tamaño |flecha
{Text[Row[{Style["FB", Italic], " = ",
|texto |fila |estilo |itálica
Style[NumberForm[N[- (a - ((t) * a) / 10)], {5, 2}], Orange],
|estilo |forma de nú... |valor numérico |naranja
Style[" [N]", Orange]}], {0, -4}]},
|estilo |naranja
{Green, Arrowheads[Medium], Arrow[{{10, -3}, {10, 0}}]},
|verde |cabeceras de |tamaño |flecha
{Text[Row[{Style["FC", Italic], " = ",
|texto |fila |estilo |itálica
Style[NumberForm[N[- ((t) * a) / 10], {5, 2}], Purple],
|estilo |forma de nú... |valor numérico |púrpura
Style[" [N]", Purple]}], {10, -4}]},
|estilo |púrpura
{Text["d1 = 0 [m]", {-2, 5}]},
|texto

```

**Ilustración 4-30:** Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 3.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

{Text["d3 = 10 [m]", {12, 5}]},
|texto
{Text[Row[{"d2 = ", t, Style[" [m]", Black]}], {t, 5}]}
|texto |fila |estilo |negro
}, PlotRange -> {{-4, 14}, {-7, 9}}, ImageSize -> {300, 200}]
|rango de representación |tamaño de imagen
},
{"\n"},
{TraditionalForm@
|forma tradicional
Text@Row[{FC, " = ", "- (", d2 - d1, ") / (", d3 - d1, ") ", FA, " = ",
|texto |fila
NumberForm[- (t), {5, 2}], " / ", 10., " x ", a, " = ",
|forma de número
Style[NumberForm[N[- ((t) * a) / 10], {5, 2}], Purple],
|estilo |forma de nú... |valor numérico |púrpura
Style[" [N]", Purple]}]},

```

**Ilustración 4-31:** Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 4.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

{"\n"},
{Row[{Style["FB", Italic], " = ", Style["-(FA", Italic], " - ",
[estilo [itálica] [estilo [itálica]
Style["FC", Italic], " = -(", NumberForm[a, {5, 2}], " - ",
[estilo [itálica] [forma de número]
NumberForm[(t) * a / 10., {5, 2}], ") = ",
[forma de número]
Style[NumberForm[-(a - ((t) * a) / 10.), {5, 2}], Orange],
[estilo [forma de número] [naranja]
Style[" [N]", Orange] ]}],
[estilo [naranja]
{"\n"},
{Row[{Style["FRes", Italic], " = ", Style["FB", Italic], " + ",
[estilo [itálica] [estilo [itálica]
Style["FC", Italic], " = ", NumberForm[-(a - ((t) * a) / 10.), {5, 2}],
[estilo [itálica] [forma de número]

```

**Ilustración 4-32:** Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 5.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

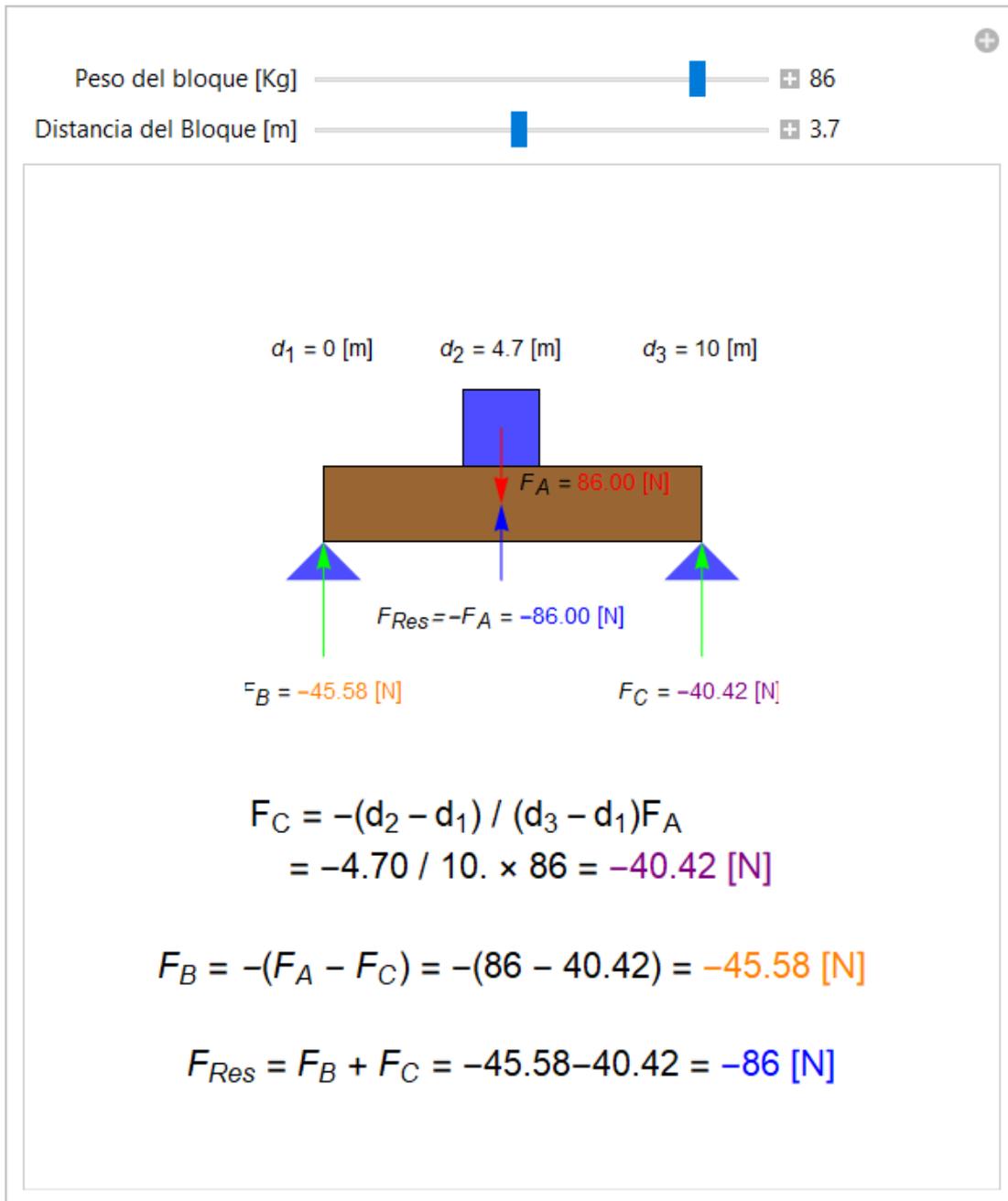
```

NumberForm[-(t) * a / 10., {5, 2}], " = ",
[forma de número]
Style[NumberForm[-a, {5, 2}], Blue], Style[" [N]", Blue] ]}]
[estilo [forma de número] [azul] [estilo [azul]
}]
, 16],
{400, 420}, Alignment → {Center, Center}],
[alineamiento [centro [centro]
{{a, 50, "Peso del bloque [Kg]"}, 0, 100, 1, Appearance → "Labeled"},
[apariencia]
{{t, 5, "Distancia del Bloque [m]"}, 2, 8, .1, Appearance → "Labeled"}
[apariencia]
]

```

**Ilustración 4-33:** Codificación input de la Tercera Ley de Newton sección 6.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

La segunda simulación hace referencia a la Tercera Ley de Newton, de acción reacción donde se ejemplifica mediante el equilibrio de fuerzas de un bloque apoyado. Los parámetros de entrada son la masa del bloque y la distancia desde el punto inicial de la barra donde se apoya. La simulación consiste en el cálculo de las reacciones y la suma de la fuerza resultante para el equilibrio, que cumpliendo la ley de Newton debería ser igual al peso del bloque, pero en sentido contrario **ver (Ilustración 4-34)**.



**Ilustración 4-34:** Simulación Tercera Ley de Newton.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.

Finalmente, se tiene una tercera simulación para la explicación del fenómeno de fricción estática y cinética. Este se presenta mediante un problema matemático: Una masa [m1] (marrón) se desliza a lo largo de un plano inclinado en el ángulo [θ], unido a una polea en la parte superior con una masa [m2] (verde) que cuelga del lado vertical derecho. El coeficiente de fricción cinético es [μk]. Se calcula la aceleración a del sistema, la tensión T y se muestra la posición de las masas en el tiempo t. Donde previamente tenemos la codificación input para este apartado.

## Ejemplo de Aplicación de Fricción Cinética

```
In[ ]:= Manipulate [
  [manipula
    With [
      [con
        {
          a = If [
            [si
              m2 > m1 (
                [coseno
                  μ Cos [θ] + Sin [θ]
                ], [seno
                  9.8 (m2 - μ m1 Cos [θ] - m1 Sin [θ])
                ],
              [
                9.8 (m2 + μ m1 Cos [θ] - m1 Sin [θ])
                ],
                m1 + m2
              )
            ],
          T = If [
            [si
              m2 > m1 (
                [coseno
                  μ Cos [θ] + Sin [θ]
                ], [seno
                  9.8 m1 m2 (1 + μ Cos [θ] + Sin [θ])
                ],
              [
                9.8 m1 m2 (1 - μ Cos [θ] + Sin [θ])
                ],
                m1 + m2
              )
            ]
          ]
        }
      ]
    ]
  ]

```

**Ilustración 4-35:** Codificación input de la Ficción Cinética sección 1.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```
With [
  {t = Which [
    [-.75 <= a t ≤ 1.75, t, a t < -.75, -1 / a, True, 1.75 / a]
  ],
  Graphics [
    {
      EdgeForm [Black], Rotate [
        Line [
          [
            [-1.75 + a t, 3.25], [.4, 3.25]
          ]
        ],
        θ, {0, 3}
      ],
      Line [
        [
          [.25, 3.4], [.25, 2. - a t]
        ]
      ],
      Rotate [
        [
          Line [
            [
              {0, 3}, {0.25, 3.25}
            ]
          ],
          Disk [
            [
              {0.25, 3.25}, .25
            ]
          ],
          θ / 2, {0, 3}
        ]
      ],
      Cyan, Polygon [
        [
          {0, 0}, {0, 3}, {3 Cos [θ + π], 3 Sin [θ + π] + 3},
          {3 Cos [θ + π], 0}
        ]
      ],
      Brown,
      Rotate [
        Rectangle [
          [
            [-2.25 + a t, 3], [-1.75 + a t, 3.5]
          ]
        ],
        θ, {0, 3}
      ],
      Darker@Green, Rectangle [
        [
          {0, 2 - a t}, {.5, 1.5 - a t}
        ]
      ],
      ImageSize → 400, PlotRange → [
        [
          [-3.5, 1], [-.5, 4]
        ]
      ]
    ]
  ]

```

**Ilustración 4-36:** Codificación input de la Ficción Cinética sección 2.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```
PlotLabel → Row [
  [
    Style [
      "a", Italic
    ], " = ", NumberForm [
      a, {3, 2}
    ],
    Style [
      " m/s2", SingleLetterItalics → False
    ], Spacer [10], "|",
    Spacer [10], Style [
      "T", Italic
    ], " = ", NumberForm [
      T, {3, 2}
    ], " N"
  ]
],
{
  {t, θ., Style [
    "Tiempo [s]", Italic
  ]}, 0, π / 2, .01, ImageSize → Tiny,
  Appearance → "Labeled"
},
{
  {θ, .78}, 0, π / 2, .01, ImageSize → Tiny, Appearance → "Labeled"
},

```

**Ilustración 4-37:** Codificación input de la Ficción Cinética sección 3.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

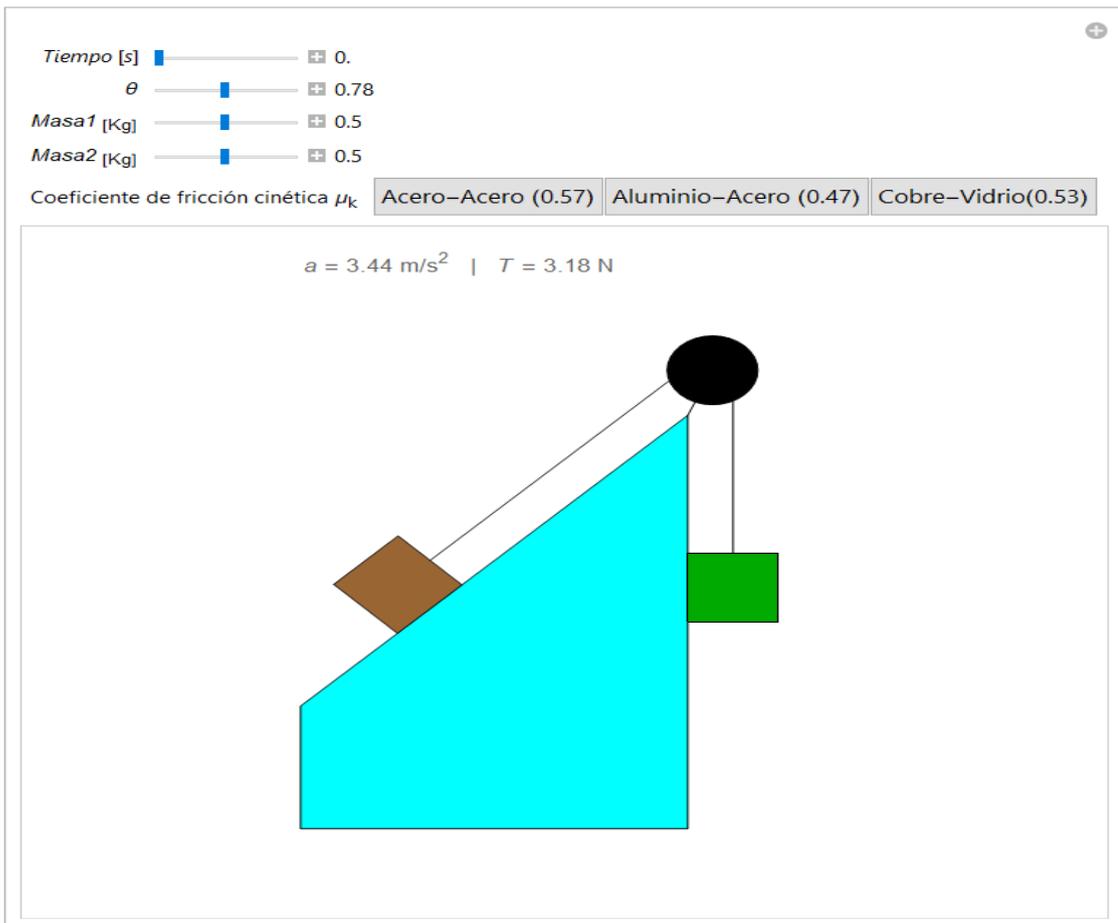
```

{{m1, .5, Text@Subscript[Style["Masa1", Italic], " [Kg]"]}, .25, .75,
  .01, ImageSize → Tiny, Appearance → "Labeled"},
  {m2, .5, Text@Subscript[Style["Masa2", Italic], " [Kg]"]}, .25, .75,
  .01, ImageSize → Tiny, Appearance → "Labeled"},
Row[{Subscript[Style["Coeficiente de fricción cinética  $\mu_k$ "], " "], " "}, " "],
  Button["Acero-Acero (0.57)",  $\mu = 0.57$ ],
  Button["Aluminio-Acero (0.47)",  $\mu = 0.47$ ],
  Button["Cobre-Vidrio(0.53)",  $\mu = 0.53$ ] } ] ]

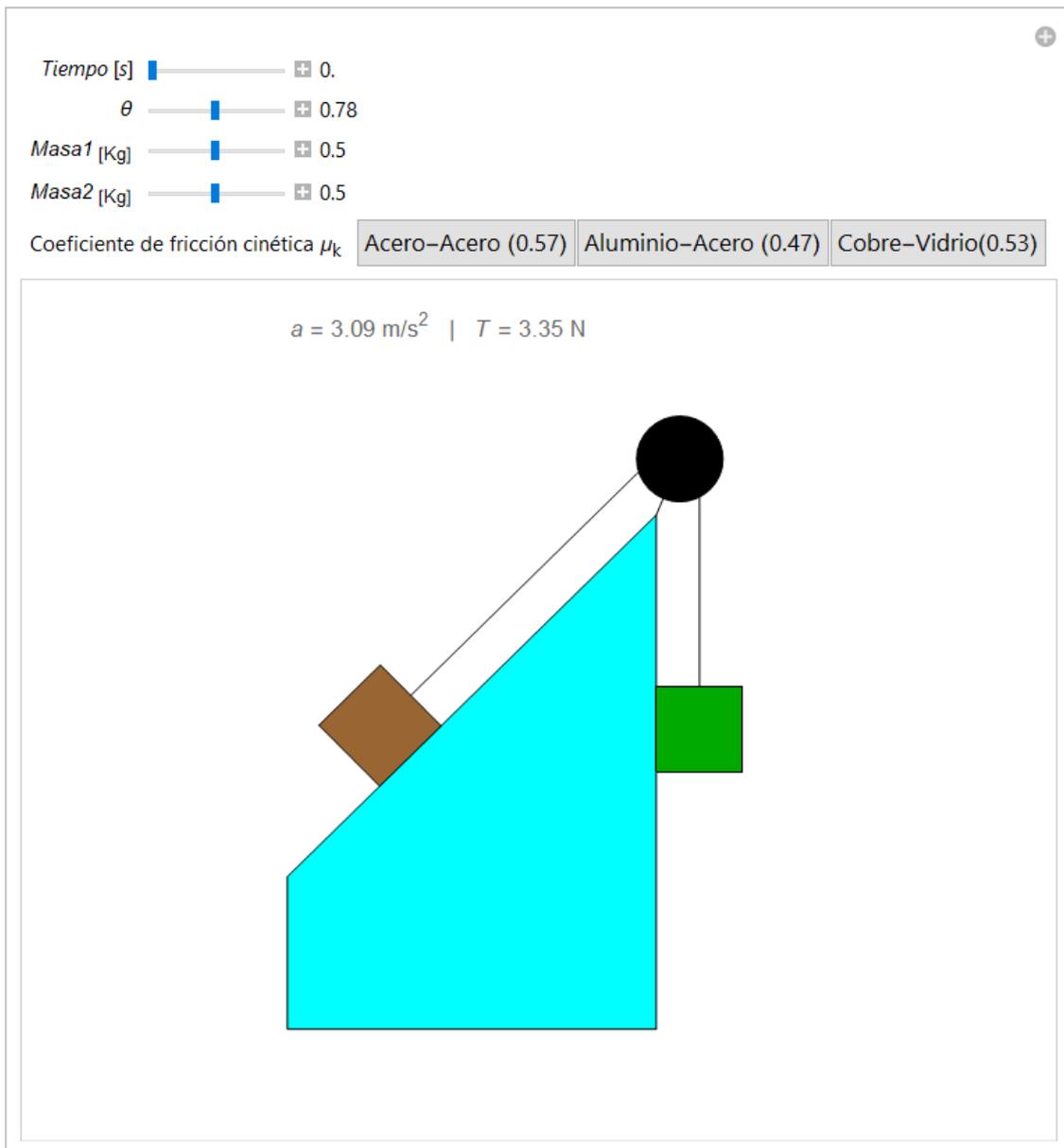
```

**Ilustración 4-38:** Codificación input de la Ficción Cinética sección 4.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

Los parámetros de entrada son el ángulo, la masa 1 y masa 2, y el coeficiente de fricción. Y se obtiene como salida la animación gráfica del movimiento, la aceleración del sistema y la fuerza de tensión en la polea **ver (Ilustraciones 4-39, 4-40)**. Para que la simulación comience de igual manera se pulsa en el botón reproducir.



**Ilustración 4-39:** Simulación Fricción Cinética posición inicial.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-40:** Simulación Fricción Cinética transcurridos 0.34s.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

#### 4.1.4 Energía

En este apartado tenemos 2 simulaciones.

La primera hace referencia a la energía Cinética y Potencial. El ejemplo de aplicación es el de una masa es lanzada desde arriba con una altura inicial determinada, se calcula entonces la energía cinética y potencial en cada punto de la trayectoria, para poder comparar el comportamiento de cada una. Los parámetros de entrada para esta simulación es la Masa, y la Altura del lanzamiento. Para la simulación de la energía Cinética y Potencial se presenta la codificación input en que se establecen cada una de las constantes y variables para este apartado.

## Ejemplo de Aplicación de Energía Cinética y Potencial

```
In[ ]:= Manipulate[
|manipula
  TT =  $(0 + \sqrt{0^2 + 2 * 9.8 * height}) / 9.8$ ;
  If[time > TT, time = TT];
  |si
  Graphics[{
|gráfico
    Blue, Line[Table[{0, -.5 * 9.8 * tt + height}, {tt, 0, TT, .01}]],
|azul |línea |tabla
    RGBColor[.49, 0, 0], Disk[{0, -.5 * 9.8 * time + height}, 5 mass],
|color RGB |disco
    RGBColor[.25, .43, .82],
|color RGB
```

**Ilustración 4-41:** Codificación input de Energía Cinética y Potencial sección 1.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```
Rectangle[{5, 0}, {6, 9.8 * ((-0.5 * 9.8) time^2 + (0) (time) + height) * mass}],
|rectángulo
RGBColor[.6, .73, .36], Rectangle[{7, 0}, {8, (.5 mass ((-9.8) * time) ^2)}],
|color RGB |rectángulo
Black, Line[{5, 0}, {10, 0}],
|negro |línea
Text[
|texto
  Row[{Style["Ep"], " = ",
|fila |estilo
    Style[NumberForm[9.8 * ((-0.5 * 9.8) time^2 + (0) (time) + height) * mass,
|estilo |forma de número
      {3, 2}], Black], Style[" [J]", Black]}], {5, -1.3}],
|negro |estilo |negro
Text[
|texto
  Row[{Style["Ec"], " = ",
|fila |estilo
```

**Ilustración 4-42:** Codificación input de Energía Cinética y Potencial sección 2.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```
Style[NumberForm[(.5 mass ((-9.8) * time) ^2), {3, 2}], Black],
|estilo |forma de número |negro
Style[" [J]", Black]], {8, -1.3}], PlotRange -> {{-1, 11}, {-3, 11.5}},
|estilo |negro |rango de representación
ImageSize -> {300, 450}],
|tamaño de imagen
{{time, 0, "Tiempo (s)", 0.000,
Round[Dynamic[(0 + sqrt(0^2) + ((2) (9.8) (height))) / 9.8], 10.^-6],
|enter... |dinámico
.001, Appearance -> "Labeled", ControlPlacement -> Top},
|apariciencia |posicionamiento de con... |arriba
{{mass, .07, "Masa (kg)", .001, .1, .001, ImageSize -> Tiny,
|tamaño de i... |tamaño minúsculo
Appearance -> "Labeled"},
|apariciencia
{{height, 8, "Altura (m)", 0, 10, .01, ImageSize -> Tiny, Appearance -> "Labeled"},
```

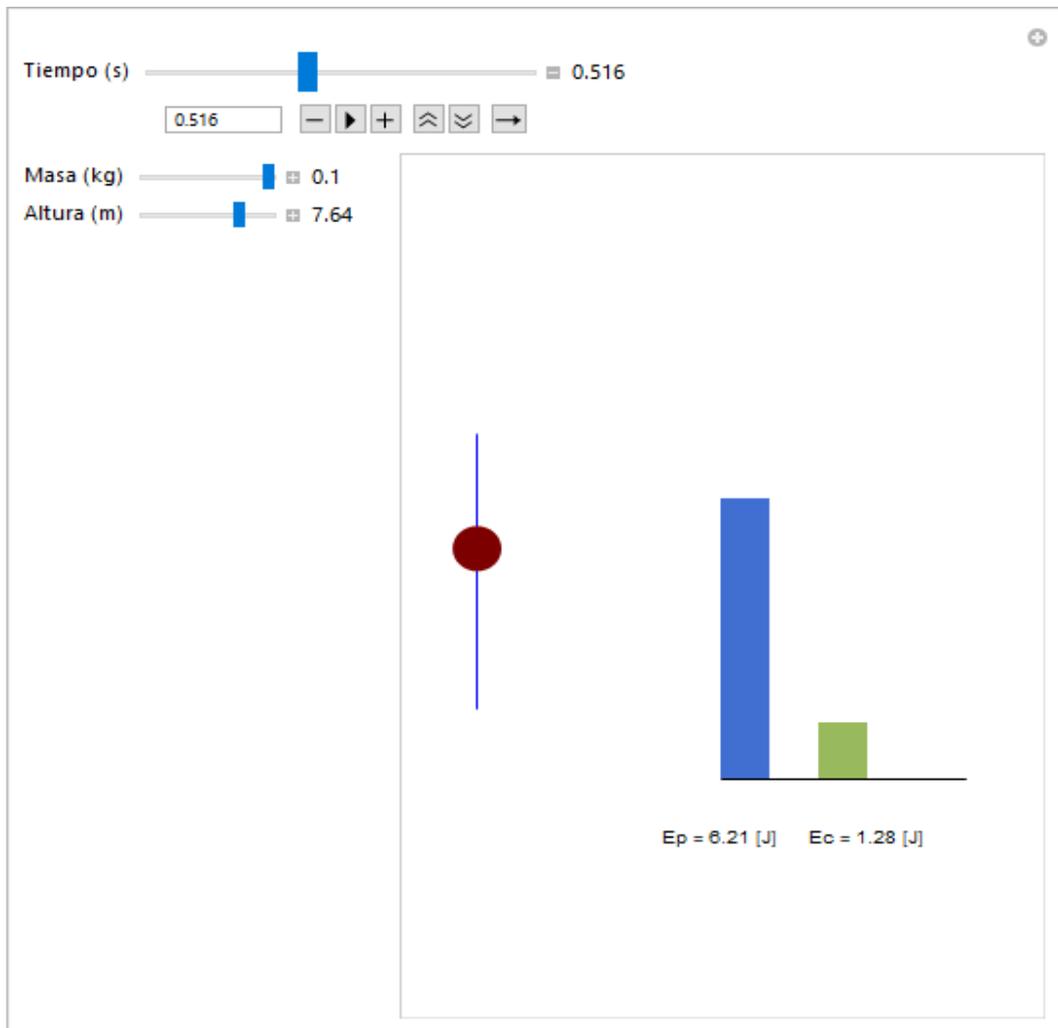
**Ilustración 4-43:** Codificación input de Energía Cinética y Potencial sección 3.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

ImageSize → {300, 450}],
|tamaño de imagen
{{time, 0, "Tiempo (s)", 0.000,
Round[Dynamic[(0 + √(0^(2) + ((2) (9.8) (height)))/9.8], 10.^-6],
|enter... |dinámico
.001, Appearance → "Labeled", ControlPlacement → Top},
|apariciencia |posicionamiento de con... |arriba
{{mass, .07, "Masa (kg)", .001, .1, .001, ImageSize → Tiny,
|tamaño de i... |tamaño minúsculo
Appearance → "Labeled"},
|apariciencia
{{height, 8, "Altura (m)", 0, 10, .01, ImageSize → Tiny, Appearance → "Labeled"},
|tamaño de i... |tam... |apariciencia
ControlPlacement → Left, TrackedSymbols → True]
|posicionamiento de con... |izqui... |símbolos rastreados |verdadero

```

**Ilustración 4-44:** Codificación input de Energía Cinética y Potencial sección 4.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-45:** Simulación Lanzamiento hacia arriba.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

Para que la simulación comience se da clic en el botón reproducir. El parámetro de salida de la simulación es la animación gráfica del lanzamiento, así como la trayectoria, y una comparación mediante gráfica de barras de la energía potencia y la energía cinética del sistema **ver (Ilustración 4-45)**.

La segunda simulación hace referencia a la energía potencial elástica. Para ejemplificar este fenómeno físico se ha utilizado como ejemplo de aplicación es una masa unida al borde de un Resorte, se mueve una amplitud determinada desde el reposo, y se observa que pasa con la energía cinética y potencial elástica en cada punto del movimiento. Los parámetros de entrada son la amplitud inicial, la constante elástica del resorte, la masa de la esfera y el ángulo de desfase si hubiera. Se presenta su respectiva codificación input para este ejemplo.

**Ejemplo de Aplicación de Energía Potencial Elástica**

```

In[ ]:= X[φ_, t_, A_, k_, m_] := A Cos[√(k/m) t + φ]
In[ ]:= v[φ_, t_, A_, k_, m_] := -A √(k/m) Sin[φ + t √(k/m)]
In[ ]:= a[φ_, t_, A_, k_, m_] := -A (k/m) Cos[φ + t √(k/m)]

```

**Ilustración 4-46:** Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 1.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.

```

In[ ]:= Ek[φ_, t_, A_, k_, m_] := .5 m v[φ, t, A, k, m]^2
In[ ]:= Ev[φ_, t_, A_, k_, m_] := .5 k X[φ, t, A, k, m]^2

In[ ]:= Manipulate[
  Grid[
    {
      (*Spring Graphic*)
      Plot[.01 Sin[If[t < π/√(k/m), t + 1, 2 π/√(k/m) - t + 1] 15 x + π/2],

```

**Ilustración 4-47:** Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 2.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.

```

{x, -.25, X[φ, t, A, k, m] + A},
PlotStyle → {Thickness[0.002 k]},
estilo de repre... | grosor
Epilog →
epílogo
{
Black, Rectangle[{- .5, -.1}, {- .25, .1}],
| negro | rectángulo
Red, PointSize[.03 m], Point[{X[φ, t, A, k, m] + A, 0}],
| rojo | tamaño de punto | punto
Dashed, Thin, Line[{- .25, 0}, {5, 0}],
| rayado | delg... | línea
PointSize[.01], Green, Thick,
| verde | grueso
Line[{0, -.3}, {0, .3}], Yellow,
| amarillo
Line[{A, -.3}, {A, .3}], Green,
| verde

```

**Ilustración 4-48:** Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 3.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

Line[{2 A, -.3}, {2 A, .3}]
| línea
},
PlotRange → {- .5, 5}, {- .1, .1},
|rango de representación
Axes → {True, False},
| ejes | verd... | falso
AspectRatio → 1 / 6,
|cociente de aspecto
ImageSize → 500
| tamaño de imagen
]
}, {},
{
Framed[Text@Grid[{
|enmar... | texto | rejilla

```

**Ilustración 4-49:** Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 4.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

{"Energía Cinética= ", NumberForm[Chop[Ek[φ, t, A, k, m]], {2, 2}],
| forma de nú... | cambia números pequeños por 0
"\t", "Posición = ", NumberForm[Chop[X[φ, t, A, k, m]], {2, 2}],
| forma de nú... | cambia números pequeños por 0
{"Energía Elástica = ", NumberForm[Chop[Ev[φ, t, A, k, m]], {2, 2}],
| forma de nú... | cambia números pequeños por 0
"\t", "Velocidad= ", NumberForm[Chop[v[φ, t, A, k, m]], {2, 2}],
| forma de nú... | cambia números pequeños por 0
{"Energía Total= ", NumberForm[Chop[Ek[φ, t, A, k, m] + Ev[φ, t, A, k, m]],
| forma de nú... | cambia números pequeños por 0
{2, 2}], "\t", "Aceleración = ",
NumberForm[Chop[a[φ, t, A, k, m]], {2, 2}}
| forma de nú... | cambia números pequeños por 0
}
]]
}

```

**Ilustración 4-50:** Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 5.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

}
],
{{t, 0, "Tiempo (s)", 0, 2 π / √(k/m), Appearance → "Labeled"},
{A, 2, "Amplitud (m)", 1, 2, Appearance → "Labeled"},
Row[{{Subscript[Style["Material Resorte (1010 N/m2)"], " "], " "], " "],

```

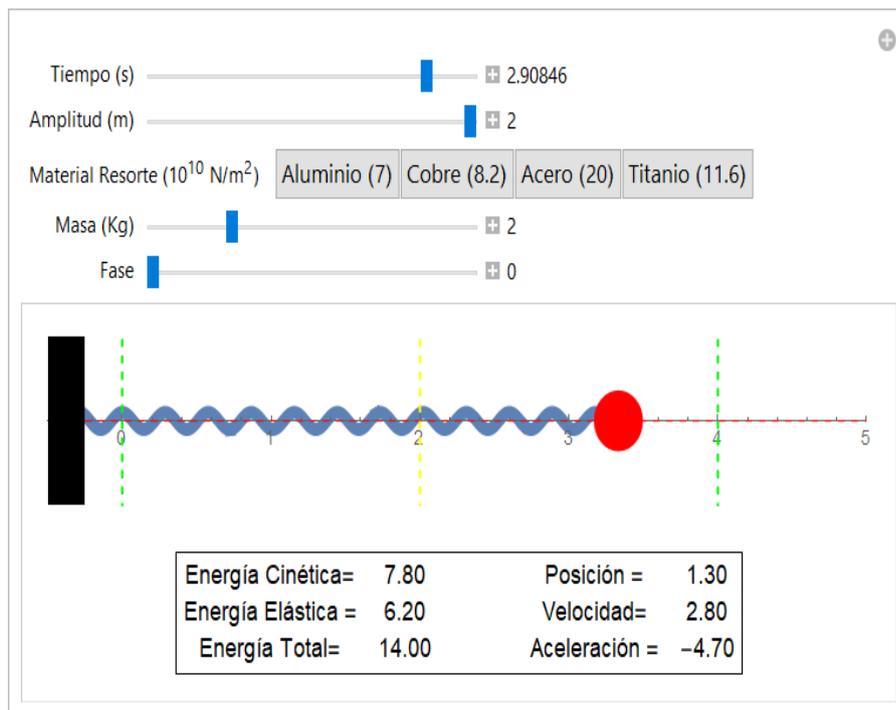
**Ilustración 4-51:** Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 6.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

Button["Aluminio (7)", k = 7], Button["Cobre (8.2)", k = 8.2],
Button["Acero (20)", k = 20], Button["Titanio (11.6)", k = 11.6]],
{{m, 2, "Masa (Kg)", 1, 5, Appearance → "Labeled"},
{{φ, 0, "Fase", 0, 2 π, Appearance → "Labeled"},
SaveDefinitions → True

```

**Ilustración 4-52:** Codificación input de Energía Potencial Elástica sección 7.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-53:** Simulación Masa en borde Resorte.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

Para iniciar la simulación se da clic en el botón reproducir, y comienza la animación. Como parámetro de salida se tiene la animación de la esfera con el resorte, y cálculos de la energía cinética y potencial elástica en cada punto del movimiento **ver (Ilustración 4-53)**.

#### 4.1.5 Centro de Masas

En este apartado se realiza una simulación en donde se presenta 2 cuerpos sobre una canoa. Estos cuerpos pueden ser: Hombre, Perro, Gato y Pato, en donde representa cada uno una masa. Se plantea como parámetros de entrada las distancias  $X_1$  y  $X_2$  correspondientes a la masa 1 y masa 2. Y como resultado se obtiene el valor del centro de masas de dicho sistema, representado con una flecha amarilla **ver (Ilustraciones 4-65, 4-66, 4-67)**. En la pestaña de opciones adicionales se puede cambiar los parámetros de la masa 1, masa 2 y la masa de la canoa. Previamente se presenta la codificación input realizada en el notebook de wólfram.

```

Ejemplo de Cálculo de Centro de Masas

In[*]:= Manipulate[Column[{
  |manipula      |columna
  Text@Row[{"Centro de Masas ", Subscript[Style["x", Italic], " CM"],
  |texto  |fila          |subíndice  |estilo      |itálica
    " = ", NumberForm[N[xcm[x1, x2, m1, m2, mcanoe], 3], {3, 2}], " (m) " }],
  |forma de nú... |valor numérico
  Graphics[{
  |gráfico
  water, canoe, Translate[ob1, {x1, 0}], Translate[ob2, {x2, 0}],
  |traslada      |traslada
  Translate[fulcrum, {xcm[x1, x2, m1, m2, mcanoe], 0}],
  |traslada
  Axes -> axes, PlotRange -> {{-2, 12}, {-2, 4}}, ImageSize -> {500, 200}]],
  |ejes          |rango de representación      |tamaño de imagen

```

**Ilustración 4-54:** Codificación input de Centro de Masas sección 1.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

Alignment -> Center],
|alineamiento |centro
{{x1, 0, Subscript[Style["x", Italic], "1 (m) " ]}, 0, 10, Appearance -> "Labeled",
|subíndice  |estilo      |itálica      |apariencia
  ImageSize -> Medium},
|tamaño de i... |tamaño medio
  {{x2, 10, Subscript[Style["x", Italic], "2 (m) " ]}, 0, 10, Appearance -> "Labeled",
|subíndice  |estilo      |itálica      |apariencia
  ImageSize -> Medium},
|tamaño de i... |tamaño medio
  Row[{Subscript[Style["Masa 1 ", Italic, Bold], " "], " "},
  |fila  |subíndice  |estilo      |itálica  |negrita
  Button["Hombre", m1 = 70; ob1 = man, ImageSize -> Medium],
  |botón          |tamaño de i... |tamaño medio
  Button["Perro", m1 = 30; ob1 = dog, ImageSize -> Medium],
  |botón          |tamaño de i... |tamaño medio
  Button["Gato", m1 = 8; ob1 = cat, ImageSize -> Medium],
  |botón          |tamaño de i... |tamaño medio

```

**Ilustración 4-55:** Codificación input de Centro de Masas sección 2.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

Button["Pato", m1 = 2; ob1 = duck, ImageSize -> Medium] },
|botón |tamaño de i... |tamaño medio
Row[{Subscript[Style["Masa 2 ", Italic, Bold], " "], " "},
|fila |subíndice |estilo |itálica |negrita
Button["Hombre", m2 = 70; ob2 = man, ImageSize -> Medium],
|botón |tamaño de i... |tamaño medio
Button["Perro", m2 = 30; ob2 = dog, ImageSize -> Medium],
|botón |tamaño de i... |tamaño medio
Button["Gato", m2 = 8; ob2 = cat, ImageSize -> Medium],
|botón |tamaño de i... |tamaño medio
Button["Pato", m2 = 2; ob2 = duck, ImageSize -> Medium] }],
|botón |tamaño de i... |tamaño medio
{{axes, False, "Desplegar Ejes "}, {True, False}},
|falso |verd... |falso
OpenerView[{"Opciones Adicionales "},
|visualiza apertura
Column[{
|columna

```

**Ilustración 4-56:** Codificación input de Centro de Masas sección 3.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

Row[{
|fila
Control@{{m1, 70, Subscript[Style["Masa", Italic], "1"]}, 0, 100},
|control |subíndice |estilo |itálica
Appearance -> "Labeled", ImageSize -> Medium},
|apariencia |tamaño de i... |tamaño medio
Control@{{ob1, man, "Imagen"}, {man -> "Hombre", dog -> "Perro",
|control
cat -> "Gato", duck -> "Pato"}]},
Row[{
|fila
Control@{{m2, 30, Subscript[Style["Masa", Italic], "2"]}, 0, 100},
|control |subíndice |estilo |itálica
Appearance -> "Labeled", ImageSize -> Medium},
|apariencia |tamaño de i... |tamaño medio
Control@{{ob2, dog, "Imagen"}, {man -> "Hombre", dog -> "Perro",
|control
cat -> "Gato", duck -> "Pato"}]}],

```

**Ilustración 4-57:** Codificación input de Centro de Masas sección 4.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

Row[{
|fila
Control@{{mcanoe, 50, Subscript[Style["Masa", Italic], "Canoa"]},
|control |subíndice |estilo |itálica
0, 100, Appearance -> "Labeled", ImageSize -> Medium}}]}],
|apariencia |tamaño de i... |tamaño medio
Initialization -> (
|inicialización
xcm[pos1_, pos2_, mass1_, mass2_, masscanoe_] :=
(mass1 (pos1) + mass2 (pos2) + masscanoe (5)) / (mass1 + mass2 + masscanoe);
man = {
{Darker[Blue, 0.5], EdgeForm[Thickness@Medium], Polygon[{
|más o... |azul |forma de ... |grosor |tamaño ... |polígono
{-0.45, 1.25}, {-0.45, 0.25}, {-0.05, 0.25}, {-0.05, 0.75},
{0.05, 0.75}, {0.05, 0.25}, {0.45, 0.25}, {0.45, 1.25}]},
{Gray, EdgeForm[Thickness@Medium], Polygon[{
|gris |forma de ... |grosor |tamaño ... |polígono

```

**Ilustración 4-58:** Codificación input de Centro de Masas sección 5.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

    {-0.5, 2.2}, {-0.9, 2}, {-0.7, 1.6}, {-0.5, 1.7}, {-0.5, 1.2},
    {0.5, 1.2}, {0.5, 1.7}, {0.7, 1.6}, {0.9, 2}, {0.5, 2.2}}}],
  {Lighter[Orange, 0.7], EdgeForm[Thickness@Medium], Disk[{0, 2.6}, 0.45]},
  {Darker@Red, EdgeForm[Thickness@Medium],
   Disk[{-0.25, 0.25}, 0.2, {0, Pi}]},
  {Darker@Red, EdgeForm[Thickness@Medium], Disk[{0.25, 0.25}, 0.2, {0, Pi}]},
  {Black, Disk[{0.2, 2.6}, 0.05]},
  {Black, Disk[{-0.2, 2.6}, 0.05]},
  {Black, Disk[{0, 2.45}, 0.08, {Pi, 2 Pi}]}
};

```

**Ilustración 4-59:** Codificación input de Centro de Masas sección 6.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

dog = Translate[ {
  {Lighter@Brown, EdgeForm[Thickness@Medium], FilledCurve@BezierCurve[ {
    {0, 1.5}, {-0.75, 1.5}, {-0.9, 3}, {-0.6, 1.5}, {-1, 0.5},
    {-0.9, 0.4}, {-0.6, 1}, {-0.5, 1}, {-0.5, 0.5}, {-0.4, 0.5},
    {-0.2, 0.9}, {0, 0.9}, {0.2, 0.9}, {0.4, 0.4}, {0.5, 0.4},
    {0.45, 0.8}, {0.5, 1}, {1, 0.8}, {1.2, 1}, {0.8, 1}, {1, 1.5}} ]},
  {Lighter@Brown, EdgeForm[Thickness@Medium], Disk[{0.8, 1.6}, 0.4]},
  Rotate[{Lighter@Brown, EdgeForm[Thickness@Medium],
    Disk[{1.2, 1.8}, {0.15, 0.25}]}, Pi / 12],
  Rotate[{Lighter@Brown, EdgeForm[Thickness@Medium],

```

**Ilustración 4-60:** Codificación input de Centro de Masas sección 7.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

    Disk[{0.4, 1.8}, {0.15, 0.25}]}, -Pi / 12],
  {Black, Disk[{1, 1.5}, 0.05]}, {Black, Disk[{0.6, 1.5}, 0.05]},
  {Black, Disk[{0.8, 1.4}, {0.1, 0.05}]}, {0, -0.2}];
cat = {
  {White, EdgeForm[Thickness@Medium], FilledCurve@BezierCurve[ {
    {0, 0.25}, {0.8, 0.25}, {1, 0.25}, {1, 0.75}, {1, 1}, {0.7, 1.25},
    {0.25, 1.25}, {0, 1.25}, {0, 2}, {-0.1, 2}, {-0.1, 1.75},
    {-0.3, 1.75}, {-0.4, 1.75}, {-0.5, 1.75}, {-0.5, 2}, {-0.6, 2},
    {-0.6, 1.4}, {-0.5, 1.25}, {-0.5, 1}, {-0.3, 0.7}, {-0.3, 0.35},
    {-0.4, 0.3}} ]},
  {Black, Disk[{-0.175, 1.55}, 0.03]}, {Black, Disk[{-0.4, 1.55}, 0.03]},
  {Black, Disk[{-0.2875, 1.425}, {0.05, 0.03}]},

```

**Ilustración 4-61:** Codificación input de Centro de Masas sección 8.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

{Black, Polygon[{{-0.2875, 1.405}, {-0.25, 1.35}, {-0.325, 1.35}}]},
|negro |polígono
{Black, Line[{{-0.15, 1.45}, {0, 1.5}}]},
|negro |línea
{Black, Line[{{-0.15, 1.4}, {0, 1.35}}]},
|negro |línea
{Black, Line[{{-0.375, 1.45}, {-0.525, 1.5}}]},
|negro |línea
{Black, Line[{{-0.375, 1.4}, {-0.525, 1.35}}]},
|negro |línea
{Black, BezierCurve[{{-0.2, 0.27}, {-0.2, 0.75}, {-0.2, 0.9}, {0.05, 1}}]},
|negro |curva de Bezier
{Black, BezierCurve[{{0.25, 0.25}, {0.2, 0.3}, {0.25, 0.35}, {0.5, 0.4},
|negro |curva de Bezier
{0.9, 0.5}, {0.85, 0.8}}]}}];
duck = Translate[Scale[{
|traslada |reescala

```

**Ilustración 4-62:** Codificación input de Centro de Masas sección 9.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

Yellow, EdgeForm[Thickness@Medium], FilledCurve@
|amarillo |forma de ... |grosor |tamaño ... |curva rellena
BezierCurve[{{0, 0}, {0.25, 0}, {0.3, 0.1}, {0.275, 0.275},
|curva de Bezier
{0.4, 0.35}, {0.25, 0.6}, {0.1, 0.4}, {0.15, 0.275}, {0, 0.274},
{-0.2, 0.4}, {-0.25, 0.2}, {-0.2, 0.1}}],
Black, Disk[{0.25, 0.4}, 0.01],
|negro |disco
Red, EdgeForm[Thickness@Medium], FilledCurve@BezierCurve[{
|rojo |forma de ... |grosor |tamaño ... |curva rellena |curva de Bezier
{0.325, 0.4}, {0.475, 0.35}, {0.325, 0.3}}], 1.4], {0, 0.4}];

```

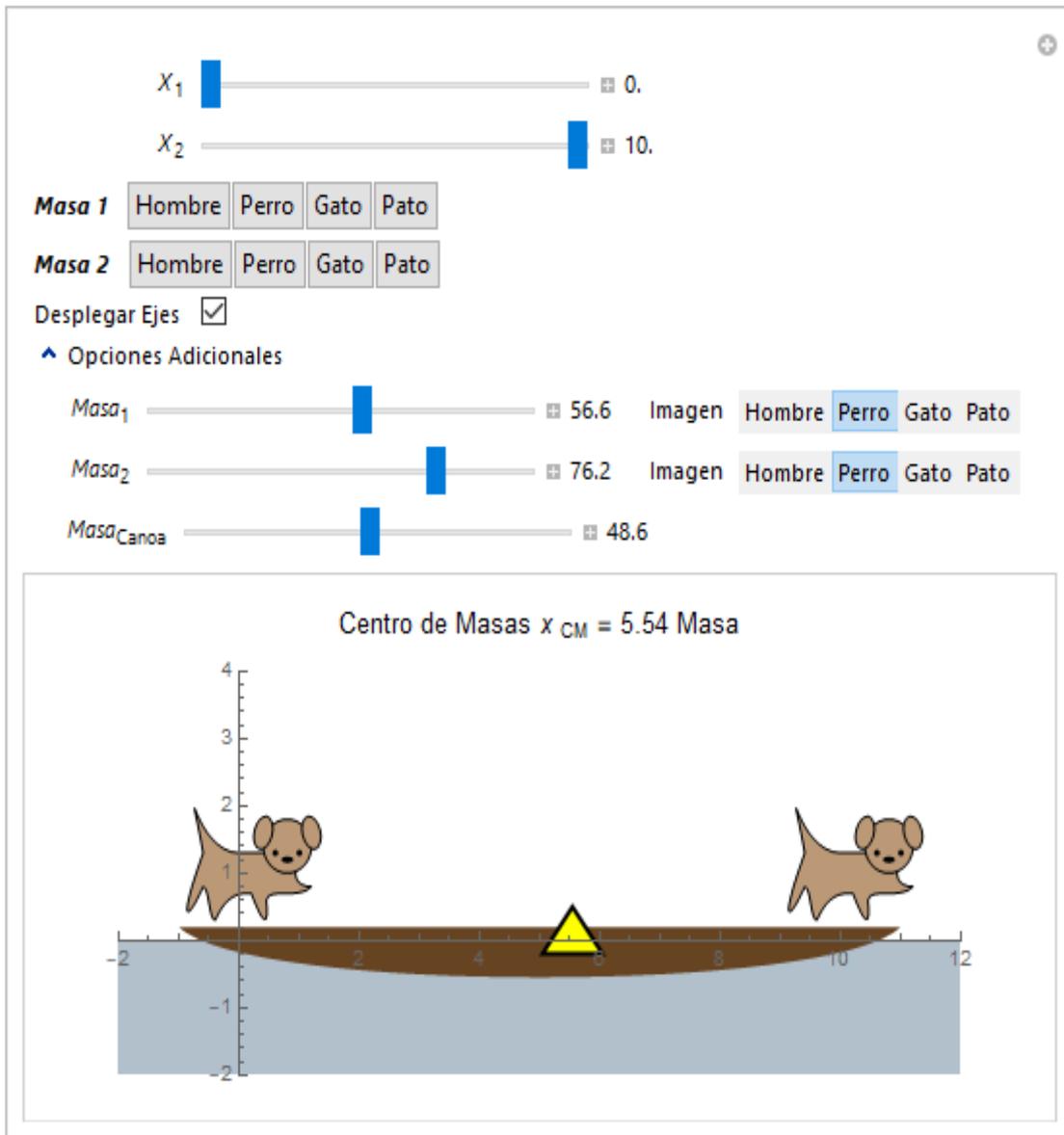
**Ilustración 4-63:** Codificación input de Centro de Masas sección 10.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

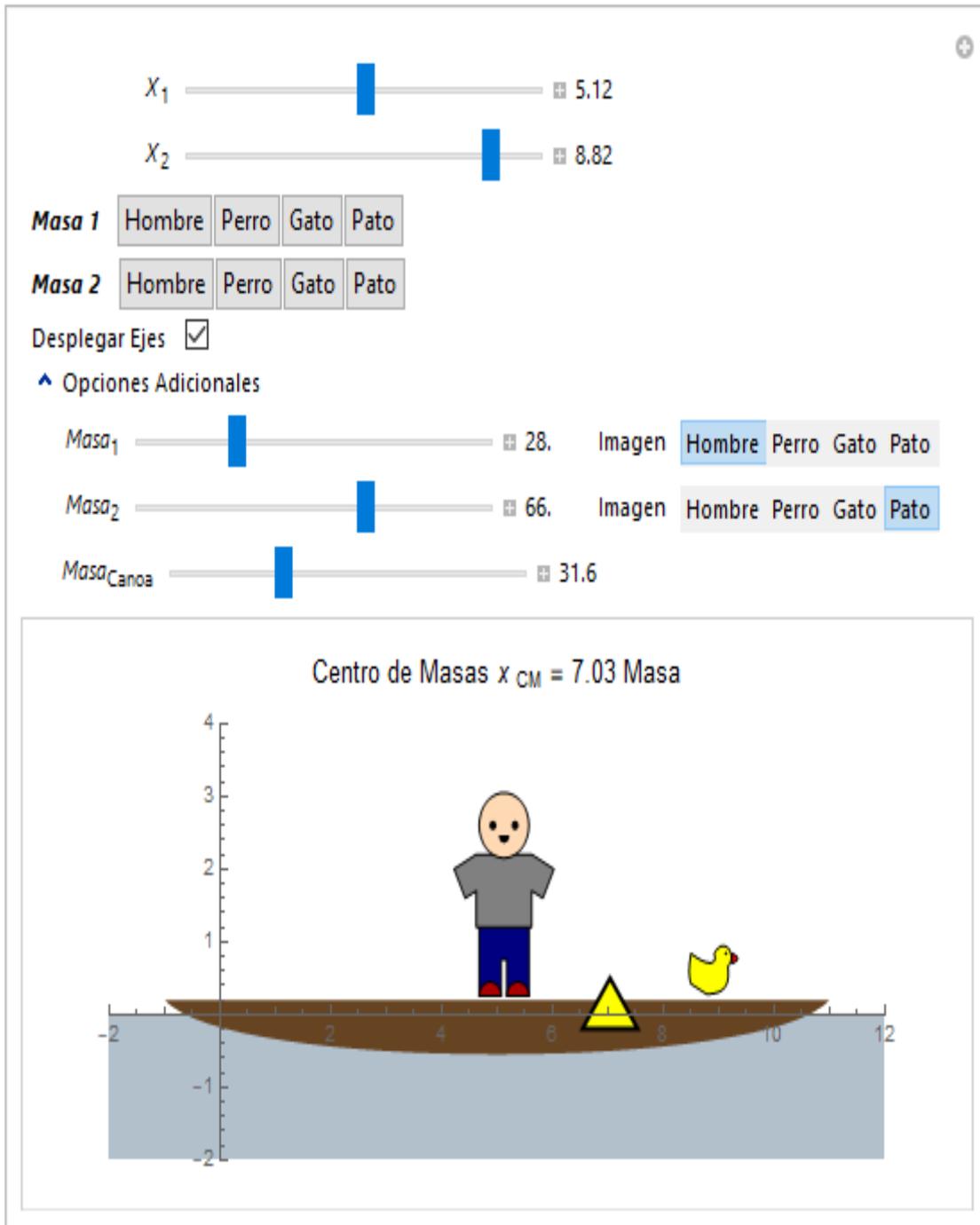
canoe = Translate[{Darker@Brown, FilledCurve@BezierCurve[{
|traslada |más os... |marrón |curva rellena |curva de Bezier
{-1, 1}, {0.1, 0}, {9.9, 0}, {11, 1}}]}, {0, -0.8}];
water = {Darker[LightBlue, 0.2], Rectangle[{-2, 0}, {12, -2}]}];
|más o... |azul claro |rectángulo
fulcrum = {Yellow, , EdgeForm[Thick], Polygon[{
|amarillo |forma de ... |grueso |polígono
{-0.5, -0.2}, {0.5, -0.2}, {0, 0.5}}]}}];
)]

```

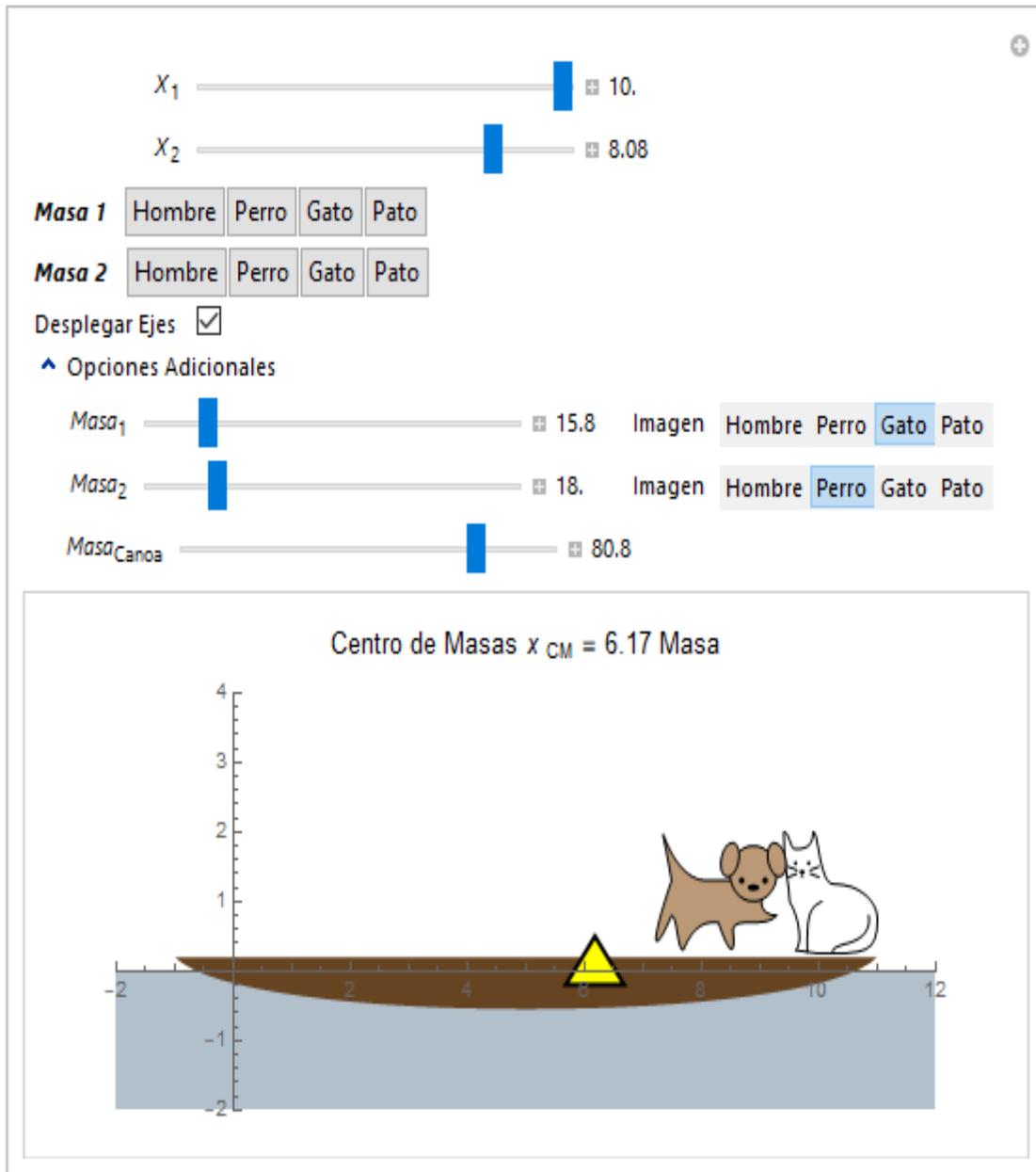
**Ilustración 4-64:** Codificación input de Centro de Masas sección 11.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-65:** Simulación Centro de Masas.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-66:** Simulación Centro de Masas Disposición 1.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-67:** Simulación Centro de Masas Disposición 2.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

#### 4.1.6 Cantidad de Movimiento Lineal

Para ejemplificar este tópico previamente se presenta los códigos input en el cual se ha realizado una simulación choques de dos esferas, en donde se anima el choque entre discos con diferentes masas a velocidad con sentido contrario. Se puede cambiar las masas entre A y B, y las velocidades iniciales de ambas masas, y finalmente el coeficiente de Elasticidad **ver (Ilustración 4-72)**. La simulación inicia al presionar el botón reproducir.

## Cantidad de Movimiento Lineal en Choque dos esferas

```
In[*]:= Manipulate[
  |manipula

  dist = 5;

  posA = -dist;
  posB = dist;
  vA2 = -  $\frac{-mA vA1 + ee mB vA1 - mB vB1 - ee mB vB1}{mA + mB}$ ;
  vB2 = -  $\frac{-mA vA1 - ee mA vA1 + ee mA vB1 - mB vB1}{mA + mB}$ ;

  (* vA1*t-dist+mA/10=vB1*t+dist+mB/10, (vA1-vB1)*t=2*dist+mB/10 *)
```

**Ilustración 4-68:** Codificación input de Cantidad de Movimiento Lineal sección 1.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```
tImpact =  $\frac{20 \text{ dist} - mA - mB}{10 (vA1 - vB1)}$ ;

posImpactA = posA + vA1 * tImpact;
posImpactB = posB + vB1 * tImpact;

If[tt ≤ tImpact, posA2 = vA1 * tt + posA, posA2 = posImpactA + vA2 * (tt - tImpact)];
|si
If[tt ≤ tImpact, posB2 = vB1 * tt + posB, posB2 = posImpactB + vB2 * (tt - tImpact)];
|si

If[tt ≤ tImpact,
|si
  vecB = Graphics[{Red, Thick, Arrow[{{posB2, 0}, {posB2 + vB1, 0}}]}],
  |gráfico |rojo |grueso |flecha
  vecB = Graphics[{Darker[Green], Arrow[{{posB2, 0}, {posB2 + vB2, 0}}]}];
  |gráfico |más o... |verde |flecha
```

**Ilustración 4-69:** Codificación input de Cantidad de Movimiento Lineal sección 2.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```
If[tt ≤ tImpact,
|si
  vecA = Graphics[{Red, Thick, Arrow[{{posA2, 0}, {posA2 + vA1, 0}}]}],
  |gráfico |rojo |grueso |flecha
  vecA = Graphics[{Darker[Green], Thick, Arrow[{{posA2, 0}, {posA2 + vA2, 0}}]}];
  |gráfico |más o... |verde |grueso |flecha

  parA = Graphics[{Darker[Blue], Disk[{{posA2, 0}, mA / 10]}];
  |gráfico |más o... |azul |disco
  parB = Graphics[{Darker[Yellow], Disk[{{posB2, 0}, mB / 10]}];
  |gráfico |más o... |amarillo |disco
  road = Graphics[{Lighter[Gray], Line[{{-10, 0}, {10, 0}}]}];
  |gráfico |más claro |gris |línea
  Show[{road, parA, parB, vecA, vecB}, PlotRange → {{-10, 10}, {-1, 5}},
  |muestra |rango de representación
```

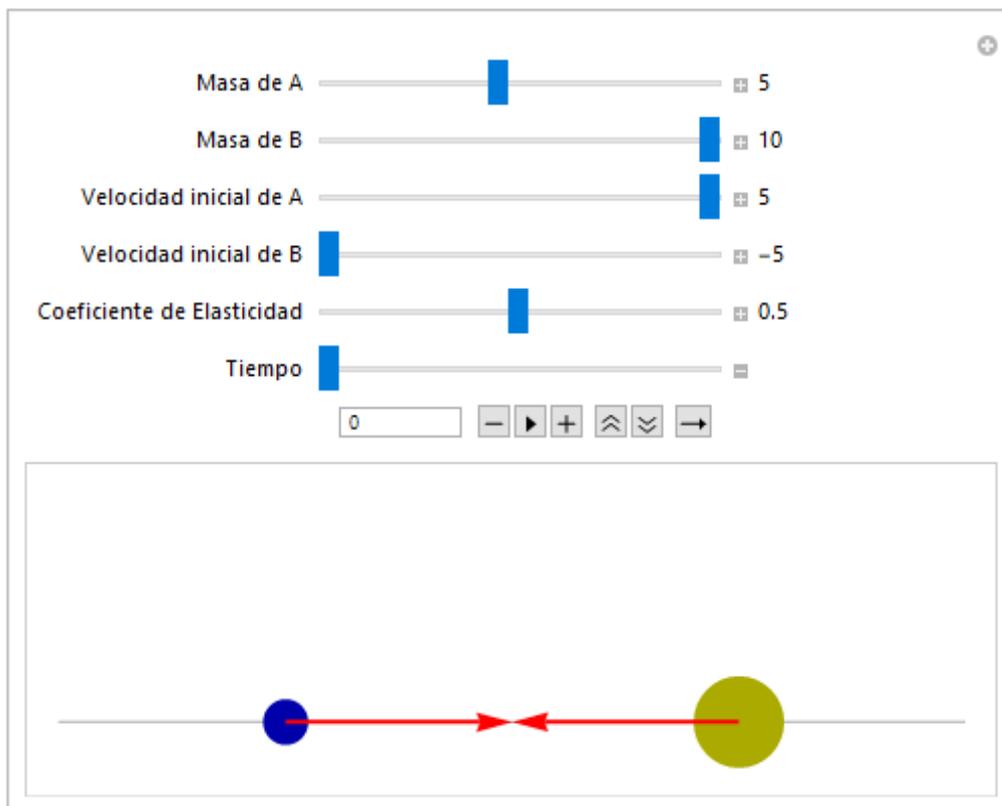
**Ilustración 4-70:** Codificación input de Cantidad de Movimiento Lineal sección 3.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

ImageSize → 450],
|tamaño de imagen
{{mA, 5, "Masa de A (Kg)", 1, 10, Appearance → "Labeled"},
|apariencia
{{mB, 10, "Masa de B (Kg)", 1, 10, Appearance → "Labeled"},
|apariencia
{{vA1, 5, "Velocidad inicial de A (m/s)", 1, 5, Appearance → "Labeled"},
|apariencia
{{vB1, -5, "Velocidad inicial de B (m/s)", -5, 0, Appearance → "Labeled"},
|apariencia
{{ee, 0.5, "Coeficiente de Elasticidad"}, 0, 1, Appearance → "Labeled"},
|apariencia
{{tt, 0, "Tiempo (s)", 0, 5}, TrackedSymbols → True,
|símbolos rastreados |verdadero
AutorunSequencing → {1, 2, 3, 4, 6} ]
|forma de secuenciación

```

**Ilustración 4-71:** Codificación input de Cantidad de Movimiento Lineal sección 4.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-72:** Simulación Cantidad Movimiento Lineal.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.

#### 4.1.7 Conservación de la Cantidad de Movimiento Lineal

Para ejemplificar este apartado se han realizado dos simulaciones donde cada uno de ellos contiene su respectiva codificación input.

Primero la aplicación de un choque inelástico entre dos carros en donde los parámetros de entrada son la distancia entre los dos automóviles, la masa y la velocidad inicial de cada uno de ellos. Los parámetros de salida son la animación del choque y el tiempo al que estos dos automóviles chocan. Y la velocidad final de ambos después del choque ver (Ilustraciones 4-77, 4-78, 4-79). Para poder iniciar con la simulación se debe dar clic en el botón reproducir.

## Aplicación del principio de Conservación Movimiento Lineal

```
In[ ]:= Manipulate[
  |manipula
  Graphics[ {Magenta, Translate[
    |gráfico |magenta |traslada
    {Polygon[{{-4, 0}, {-3.6, 3}, {-2, 3}, {-0.5, 6}, {4, 6}, {5.5, 3},
    |polígono
    {7.5, 3}, {7.5, 0}, {-4, 0}}], LightBlue, Polygon[{{-1.4, 3}, {-0.3, 5.4},
    |azul claro |polígono
    {1.5, 5.4}, {1.5, 3}}], Polygon[{{2, 3}, {2, 5.4}, {3.8, 5.4},
    |polígono
    {4.9, 3}}], Black, Disk[{3.2, 4}, 1], GrayLevel[0],
    |negro |disco |nivel de gris
    Disk[{4.5, 0}, 1], Disk[{-1, 0}, 1], GrayLevel[0.5],
```

**Ilustración 4-73:** Codificación input de Principio de conservación Cantidad de Movimiento Lineal sección 1.

Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```
Disk[{-1, 0}, 0.5], Disk[{4.5, 0}, 0.5}],
|disco |disco

{If[t < d1 / (v1 - v2), v1 * t,
|si
v1 * d1 / (v1 - v2) + (m1 v1 + m2 v2) / (m1 + m2) (t - d1 / (v1 - v2)) ], 0}],
Green, Translate[
|verde |traslada
{Polygon[{{-4, 0}, {-3.6, 3}, {-2, 3}, {-0.5, 6}, {4, 6}, {5.5, 3},
|polígono
{7.5, 3}, {7.5, 0}, {-4, 0}}], LightBlue, Polygon[{{-1.4, 3}, {-0.3, 5.4},
|azul claro |polígono
{1.5, 5.4}, {1.5, 3}}], Polygon[{{2, 3}, {2, 5.4}, {3.8, 5.4},
|polígono
{4.9, 3}}], Black, Disk[{3.2, 4}, 1], GrayLevel[0],
|negro |disco |nivel de gris
Disk[{4.5, 0}, 1], Disk[{-1, 0}, 1], GrayLevel[0.5],
|disco |disco |nivel de gris
```

**Ilustración 4-74:** Codificación input de Principio de conservación Cantidad de Movimiento Lineal sección 2.

Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

Disk[{-1, 0}, 0.5], Disk[{4.5, 0}, 0.5}],
|disco |disco
{If[t < d1 / (v1 - v2), v2 * t + (d1 + 11.5),
|si
v2 * d1 / (v1 - v2) + (d1 + 11.5) + (m1 v1 + m2 v2) / (m1 + m2) (t - d1 / (v1 - v2)) ],
0}], Black, Rectangle[{-5, -1}, {65, -12}],
|negro |rectángulo
Text[Style[Row[{"Conservación de la cantidad \n de movimiento lineal"}],
|texto |estilo |fila
25, Bold], {30, 30}],
|negrita
Text[Style[Row[{"Tiempo Choque= ", NumberForm[d1 / (v1 - v2), {5, 3}], " s"}],
|texto |estilo |fila |forma de número
14], {30, 23}],
Text[
|texto
Style[Row[{"Velocidad Final = ", NumberForm[(m1 v1 + m2 v2) / (m1 + m2), {5, 2}],
|estilo |fila |forma de número

```

**Ilustración 4-75:** Codificación input de Principio de conservación Cantidad de Movimiento Lineal sección 3.

Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

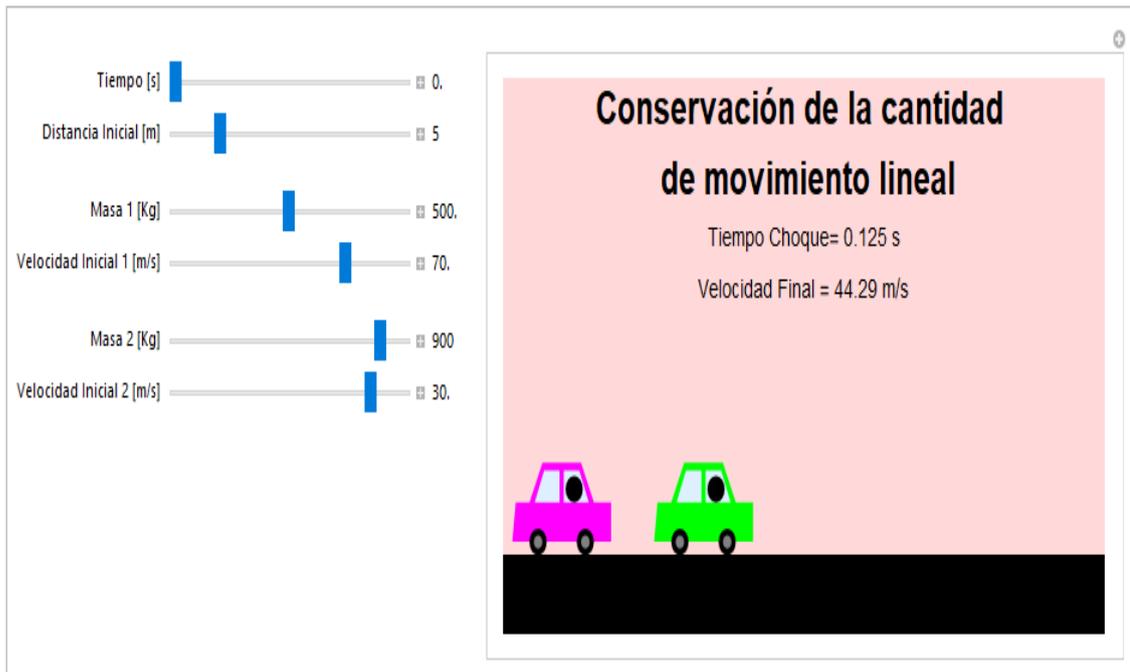
```

" m/s" ]], 14], {30, 19}]], Background → LightRed,
|fondo de imagen |rojo claro
PlotRange → {{-5, 65}, {-7, 35}}, ImageSize → {500, 300}],
|rango de representación |tamaño de imagen
{{t, 0., "Tiempo [s]"}, 0., 1, .01, Appearance → "Labeled"},
|apariciencia
{{d1, 5, "Distancia Inicial [m]"}, 0., 25, 1, Appearance → "Labeled"},
|apariciencia
"",
{{m1, 500., "Masa 1 [Kg]"}, .1, 1000., Appearance → "Labeled"},
|apariciencia
{{v1, 70., "Velocidad Inicial 1 [m/s]"}, 40, 80., 5, Appearance → "Labeled"},
|apariciencia
"",
{{m2, 900, "Masa 2 [Kg]"}, .1, 1000, Appearance → "Labeled"},
|apariciencia
{{v2, 30., "Velocidad Inicial 2 [m/s]"}, 0, 35, 1, Appearance → "Labeled"}]

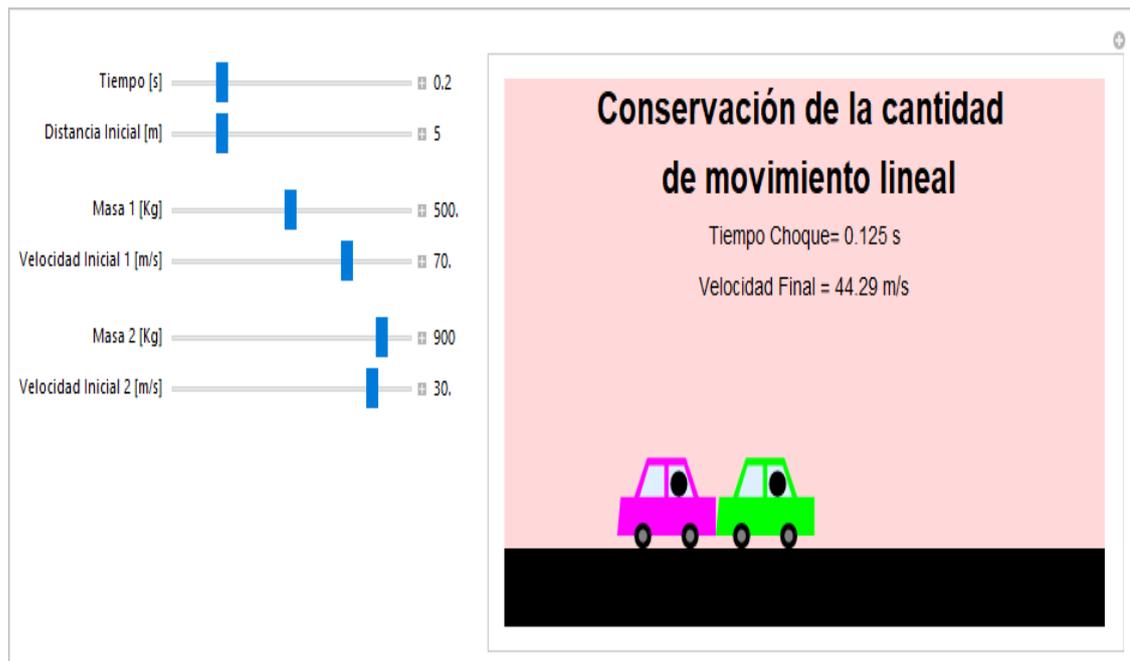
```

**Ilustración 4-76:** Codificación input de Principio de conservación Cantidad de Movimiento Lineal sección 4.

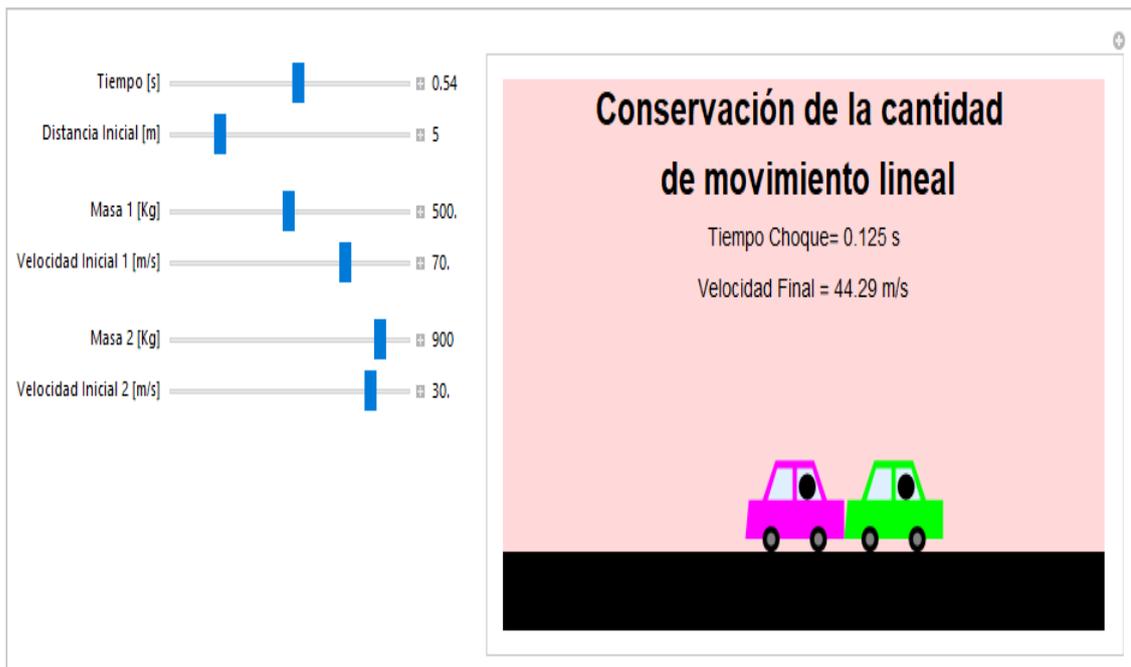
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-77:** Simulación Conservación de movimiento lineal posición inicial.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-78:** Simulación Conservación de movimiento lineal transcurridos 0.2s.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-79:** Simulación Conservación de movimiento lineal transcurridos 0.54s.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.

La segunda simulación hace referencia a un choque elástico, representado con un problema en el cual un arma dispara una bala de masa  $[m_1] = 15 \text{ g}$  a una esfera de madera de masa  $[m_2]$ . La esfera cuelga de un punto fijo; la bala hace que la esfera se balancee hasta una altura  $h$ , tomada aquí como 0,1 metros **ver (Ilustración 4-83)**.

```

Black, Rectangle [ { -.8 + If [ 1 < .75, 1, .75 ] + Cos [  $\theta$  ], -.26 + Sin [  $\theta$  ] },
[negro rectángulo si coseno seno
  { -.7 + If [ 1 < .75, 1, .75 ] + Cos [  $\theta$  ], -.22 + Sin [  $\theta$  ] },
  si coseno seno
Text [
[texto
Style [
[estilo
Column [ { Row [ { "Velocidad Resultante\n del Péndulo",  $\sqrt{2 \times 9.8 \times .1}$  "m/s" },
[columna fila
  "=", " ", Row [ { "Velocidad de la Bala\n Necesaria",
  fila
     $\frac{(m + .015) \sqrt{2 \times 9.8 \times .1}}{.015}$  "m/s" }, "=" ] ] }, 14 ], { -.65, -.5 } ],
Arrow [ { { 1.2`, -1.5` }, { 1.2`, -0.8` } } ], Text [ ".1 m", { 1.35`, -1.2` },
[texto

```

**Ilustración 4-80:** Codificación input de ejemplo de bala que atraviesa esfera de madera sección 1.

**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.

```

Line[{{-0.5, -1.5}, {1.4, -1.5}},
|línea
Thickness[.005],
grosor
Line[{{-1.036111111111111, -1.361805555555553}, {-0.936805555555555,
|línea
-1.361805555555553}}, Line[{{-0.936805555555552, -1.361805555555553},
|línea
{-0.9062499999999989, -1.293055555555556}}],
Line[{{-0.959722222222219, -1.293055555555552}, {-0.9673611111111108,
|línea
-1.315972222222219}, {-0.9673611111111108, -1.3236111111111106},
{-0.9673611111111108, -1.331249999999998}}]],
PlotRange -> {{-1.25, 1.5}, {-2, .25}}, Background -> LightYellow,
|rango de representación |fondo de imagen |amarillo claro
ImageSize -> {450, 400}]],
|tamaño de imagen

```

**Ilustración 4-81:** Codificación input de ejemplo de bala que atraviesa esfera de madera sección 2.

Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

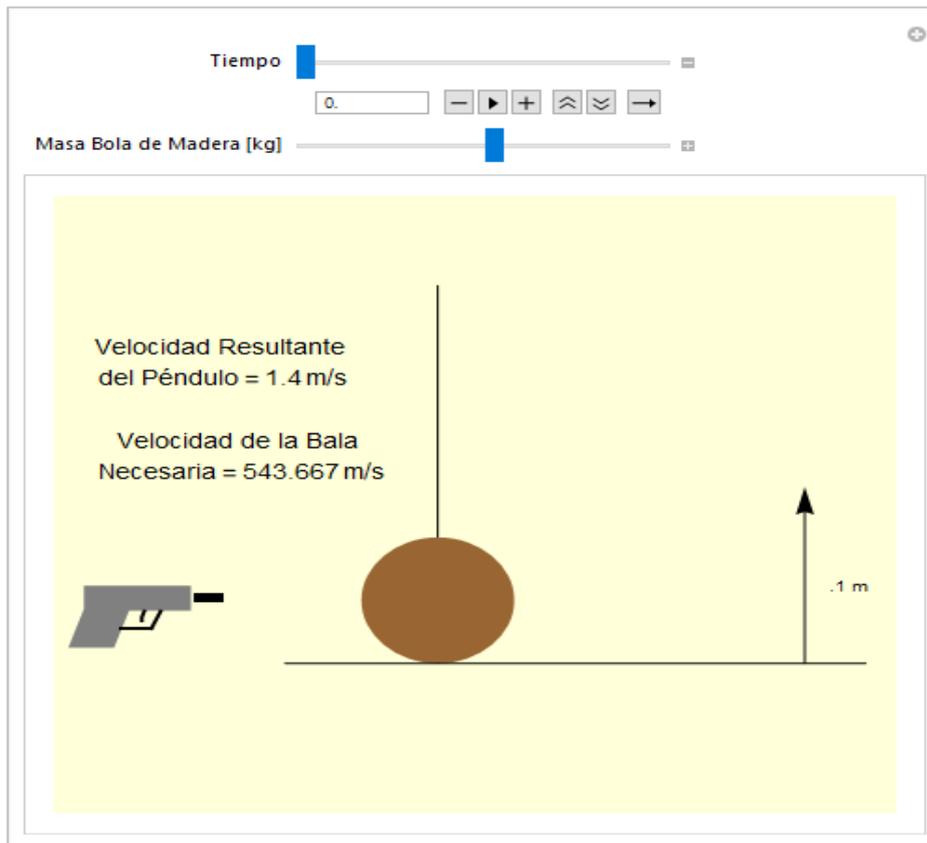
```

Line[{{-1.036111111111111, -1.361805555555553}, {-0.936805555555555,
|línea
-1.361805555555553}}, Line[{{-0.936805555555552, -1.361805555555553},
|línea
{-0.9062499999999989, -1.293055555555556}}],
Line[{{-0.959722222222219, -1.293055555555552}, {-0.9673611111111108,
|línea
-1.315972222222219}, {-0.9673611111111108, -1.3236111111111106},
{-0.9673611111111108, -1.331249999999998}}]],
PlotRange -> {{-1.25, 1.5}, {-2, .25}}, Background -> LightYellow,
|rango de representación |fondo de imagen |amarillo claro
ImageSize -> {450, 400}]],
|tamaño de imagen
{{1, 0, "Tiempo [s]"}, 0, 2},
{{m, 1, "Masa Bola de Madera [kg]"}, 1, 10}]]

```

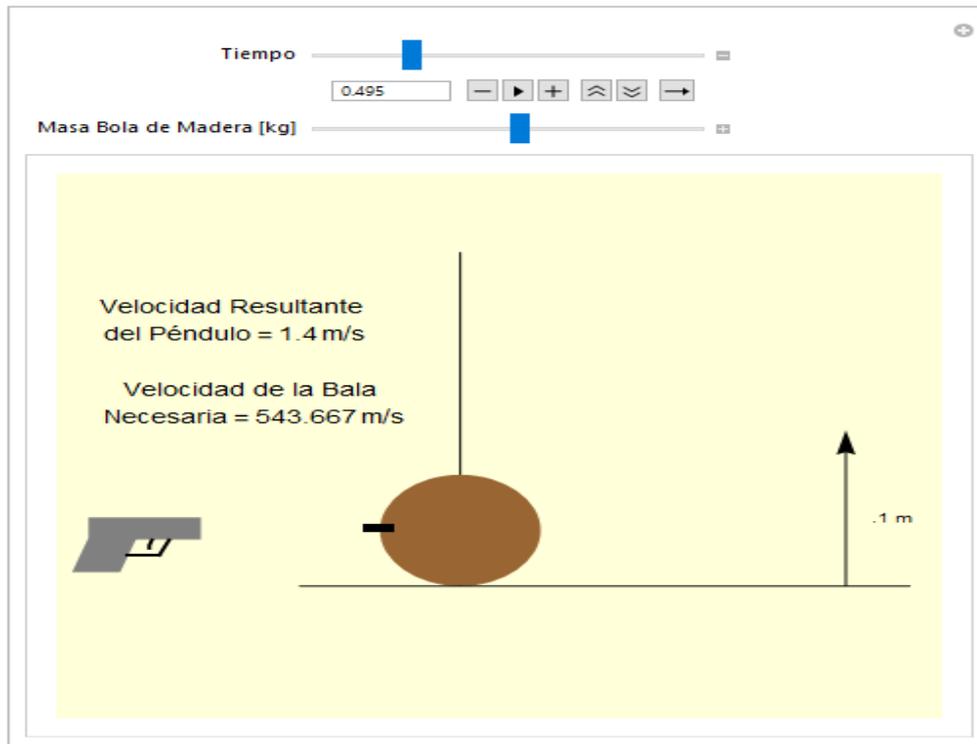
**Ilustración 4-82:** Codificación input de ejemplo de bala que atraviesa esfera de madera sección 3.

Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

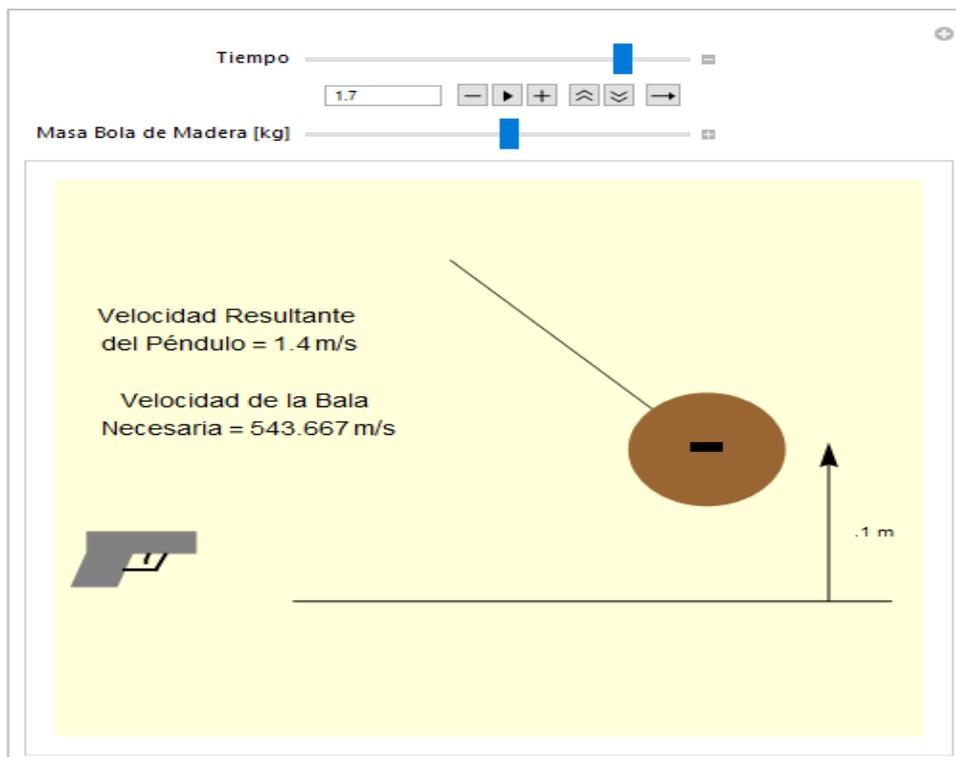


**Ilustración 4-83:** Simulación bala atraviesa esfera de madera posición inicial.  
**Realizado por:** Adriano, Maritza, 2023.

La bala tiene una energía cinética inicial [ $E_c$ ]; cuando golpea la esfera, sus energías cinéticas se combinan. A medida que se balancean juntos, la energía cinética se convierte en energía potencial. Para hacer que la esfera suba a 0,1 m, la velocidad de la bala debe variar. Su velocidad se puede deducir mediante la conservación de energía **ver (Ilustraciones 4-84, 4-85)**. El parámetro de entrada es la masa de la bola de madera. Para iniciar con la simulación se da clic en el botón reproducir.



**Ilustración 4-84:** Simulación bala atraviesa esfera de madera transcurridos 0.495s.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-85:** Simulación bala atraviesa esfera de madera transcurridos 1.7s.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

### 4.1.8 Impulso

Para este tema se ha realizado una simulación el cual consta de ese respectivo código input donde se aplica una fuerza a un automóvil para poder aumentar su velocidad, y por ende se tiene un valor de este impulso realizado por el motor. Los parámetros de entrada son la velocidad inicial del automóvil, la masa, la fuerza que se aplica al mismo y la variación de tiempo. Como parámetros de salida se tiene el impulso generado, su velocidad final y una animación del movimiento del automóvil ver (Ilustración 4-89, 4-90, 4-91). Para iniciar con la simulación es necesario dar clic en el botón reproducir.

```
Cálculo del Impulso en un Auto  
  
In[ ]:= Manipulate[  
  |manipula  
  Graphics[{Blue, Translate[  
    |gráfico |azul |traslada  
    {Polygon[{{-4 + 8, 0}, {-3.6 + 8, 3}, {-2 + 8, 3}, {-0.5 + 8, 6},  
    |polígono  
      {4 + 8, 6}, {5.5 + 8, 3},  
    {7.5 + 8, 3}, {7.5 + 8, 0}, {-4 + 8, 0}], LightBlue,  
    |azul claro  
    Polygon[{{-1.4 + 8, 3}, {-0.3 + 8, 5.4}, {1.5 + 8, 5.4}, {1.5 + 8, 3}],  
    |polígono  
    Polygon[{{2 + 8, 3}, {2 + 8, 5.4}, {3.8 + 8, 5.4},  
    |polígono  
    {4.9 + 8, 3}], Red, Thickness[.0025 ( $\Delta t$ )], Arrowheads[.014 ( $\Delta t$ )],  
    |rojo |grosor |cabeceras de flecha
```

**Ilustración 4-86:** Codificación input de impulso en un auto sección 1.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```
Arrow[{{-4, 2}, {4, 2}}],  
|flecha  
Text[Style[Row[{"I: ", NumberForm[F1 *  $\Delta t$ , {5, 2}], " [Kg*m/s]"}], 12, Bold],  
|texto |estilo |fila |forma de número |negrita  
{3, 7}], Black, Disk[{3.2 + 8, 4}, 1], Darker[Green],  
|negro |disco |más o... |verde  
Text[Style[Row[{"Vf: ", NumberForm[v1 + ((F1 *  $\Delta t$ ) / m1], {5, 2}], " [m/s]"}],  
|texto |estilo |fila |forma de número  
12, Bold], {3, 10}], GrayLevel[0],  
|negrita |nivel de gris  
Disk[{4.5 + 8, 0}, 1], Disk[{-1 + 8, 0}, 1], GrayLevel[0.5],  
|disco |disco |nivel de gris  
Disk[{-1 + 8, 0}, 0.5], Disk[{4.5 + 8, 0}, 0.5}],  
|disco |disco  
{ $\Delta t * (v1 + ((F1 * \Delta t) / m1)) / 20$ , 0}], Black, Rectangle[{-5, -1}, {65, -12}],  
|negro |rectángulo
```

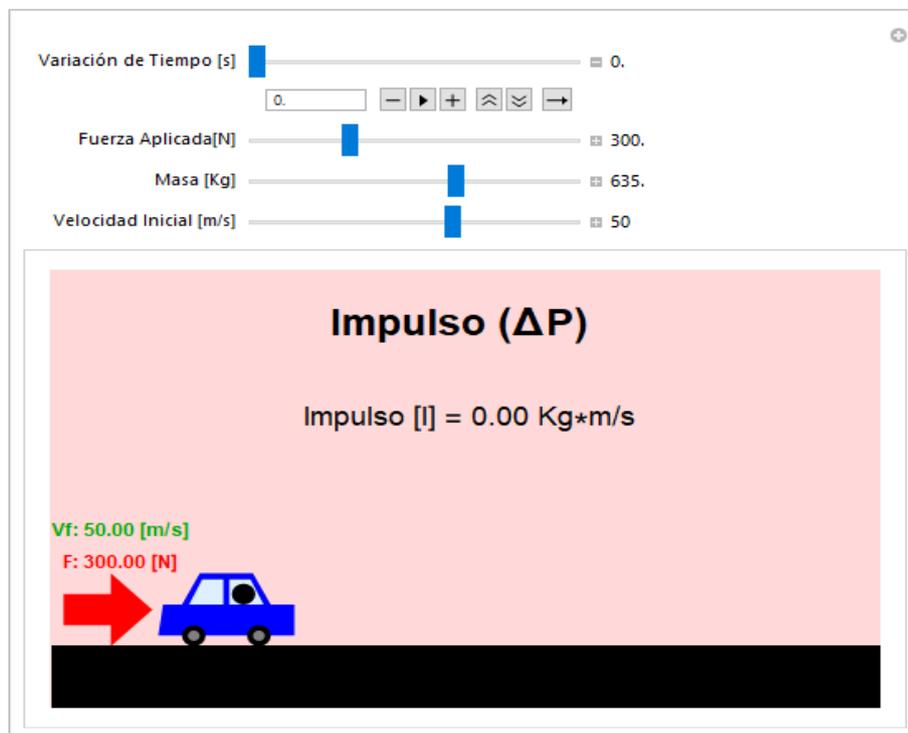
**Ilustración 4-87:** Codificación input de impulso en un auto sección 2.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

```

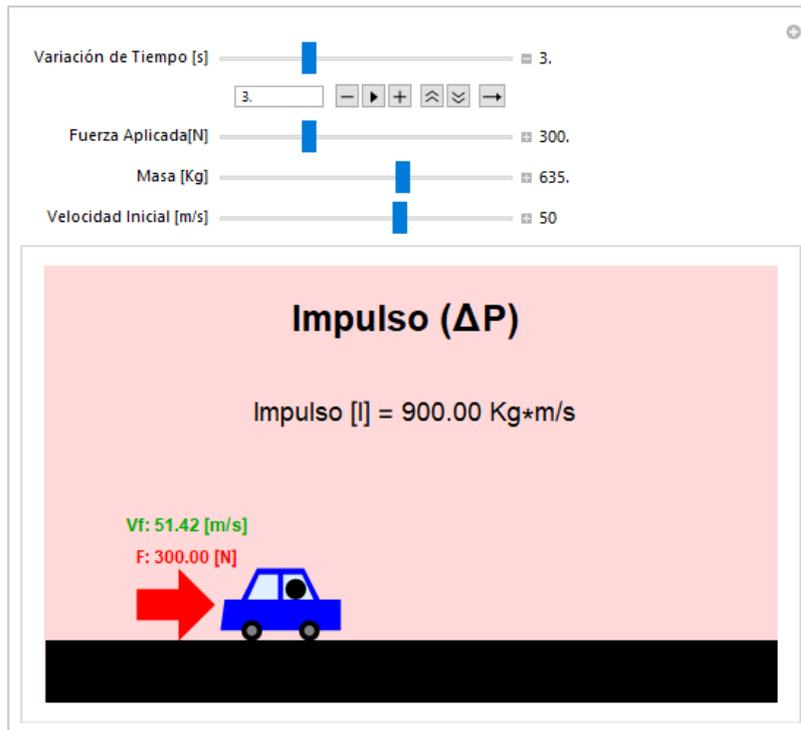
Text[Style[Row[{"Impulso ( $\Delta P$ ) "}], 25, Bold], {30, 30}],
Text[Style[Row[{" Impulso [I] = ", NumberForm[F1 *  $\Delta t$ , {5, 2}], " Kg*m/s"}],
      {30, 21}], Background  $\rightarrow$  LightRed, PlotRange  $\rightarrow$  {{-5, 65}, {-7, 35}},
ImageSize  $\rightarrow$  {500, 300}],
{{ $\Delta t$ , 0., " Variación de Tiempo [s]"}, 0., 10, 1, Appearance  $\rightarrow$  "Labeled"},
{{F1, 50, "Fuerza Aplicada[N]"}, 0., 1000, 50, Appearance  $\rightarrow$  "Labeled"},
{{m1, 500., "Masa [Kg]"}, .1, 1000., Appearance  $\rightarrow$  "Labeled"},
{{v1, 40., "Velocidad Inicial [m/s]"}, 0, 80., 5, Appearance  $\rightarrow$  "Labeled"}]

```

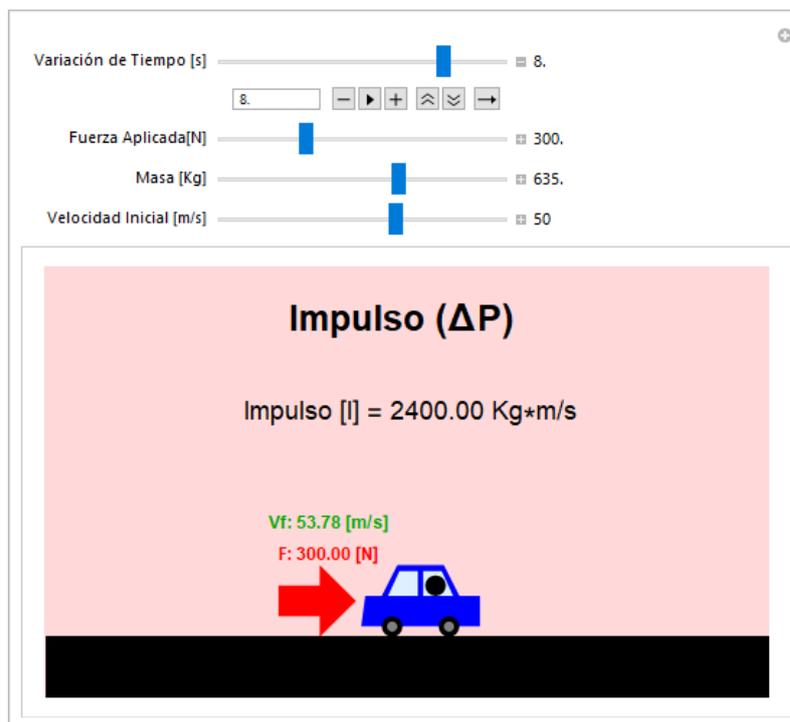
**Ilustración 4-88:** Codificación input de impulso en un auto sección 3.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-89:** Simulación impulso en un coche posición inicial.  
 Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-90:** Simulación impulso en un coche transcurridos 3s.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.



**Ilustración 4-91:** Simulación impulso en un coche transcurridos 8s.  
Realizado por: Adriano, Maritza, 2023.

## **4.2 Discusión de los resultados**

Una vez analizadas cada una de las simulaciones realizadas, se puede notar que cada una de ellas presenta una resolución gráfica a los problemas planteados mediante la aplicación de las fórmulas matemáticas respectivas a cada tema en concreto. Estos resultados se presentan de forma interactiva, permitiendo al usuario verificar de mejor manera la aplicación de las leyes de la física.

Se puede notar además que hay variedad en la forma de aplicación de las simulaciones, haciendo del cuaderno electrónico una herramienta dinámica para la aplicación de las leyes de la física clásica. Estos resultados permiten al estudiante, tomar apuntes y valores dependiendo de los parámetros ingresados, analizando de manera rápida y adecuada cada una de las soluciones que provee la simulación.

El uso de gráficas como herramientas de simulación permite entender lo que implica la manipulación de parámetros de entrada dentro de las problemáticas planteadas, de forma rápida, didáctica, y amigable con el estudiante. Además, todos los resultados planteados son comprobables mediante la aplicación de la formulación matemática.

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO PROPÓSITO

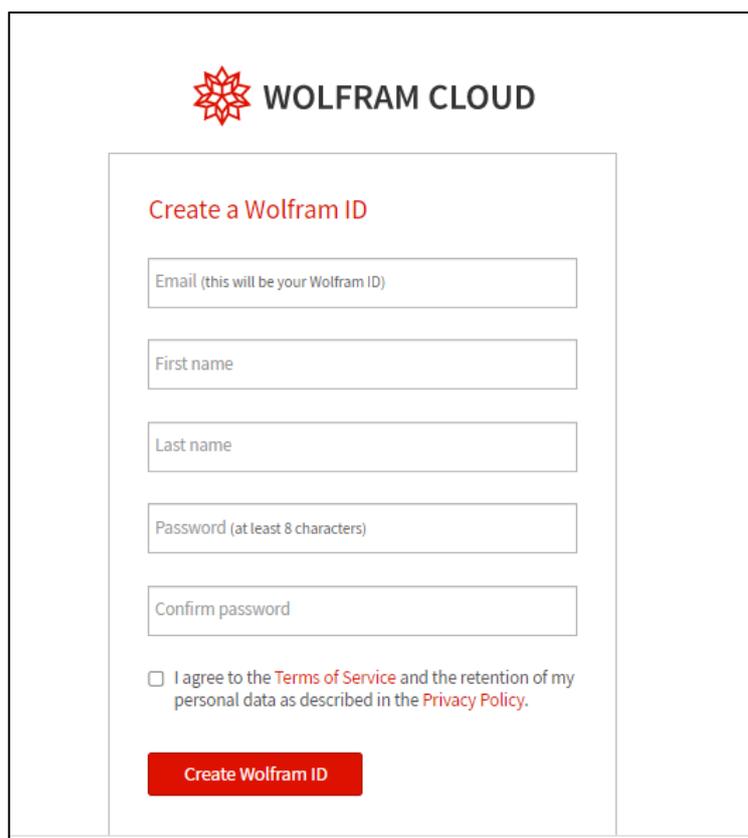
#### 5.1 Propuesta

La propuesta se centra en el uso de la plataforma *Wolfram Notebook* para el estudio de la física clásica, por lo que los ejercicios anteriormente planteados se desarrollaron en el cuaderno de *Wolfram*; a continuación, se detalla el proceso realizado para subir el contenido a la nube.

- **Primer paso:** Dirigirse a la nube de la plataforma de *Wolfram*; se anexa el enlace directo para el ingreso:

<https://account.wolfram.com/login/oauth2/sign-in>

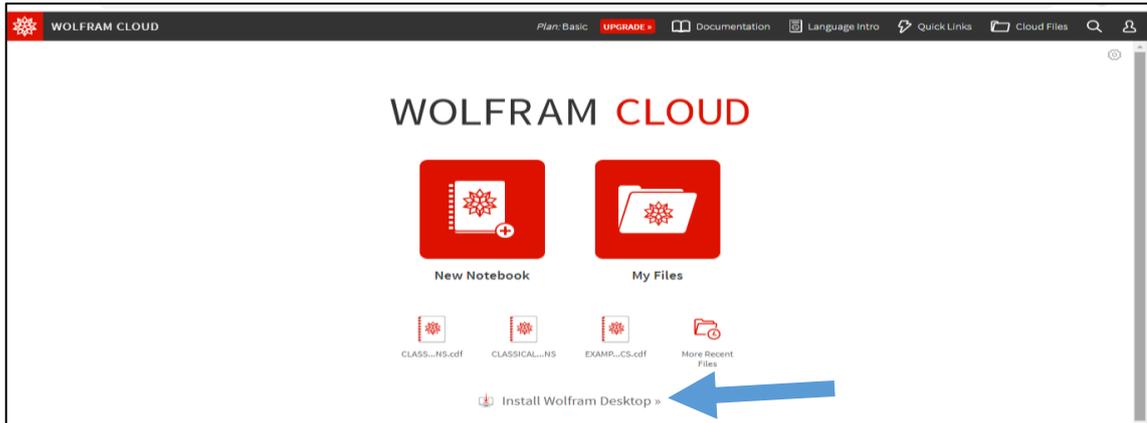
- **Segundo paso:** Si disponemos de una cuenta ingresamos con nuestro correo y contraseña, caso contrario se deberá crear una cuenta y detallar los datos que se muestra a continuación:



**Ilustración 5-1:** Creación de nueva cuenta en Wolfram

Fuente: Wolfram, 2023.

- **Tercer paso:** Una vez iniciada sesión en la plataforma nos permite descargar la aplicación o trabajar directamente en la web.



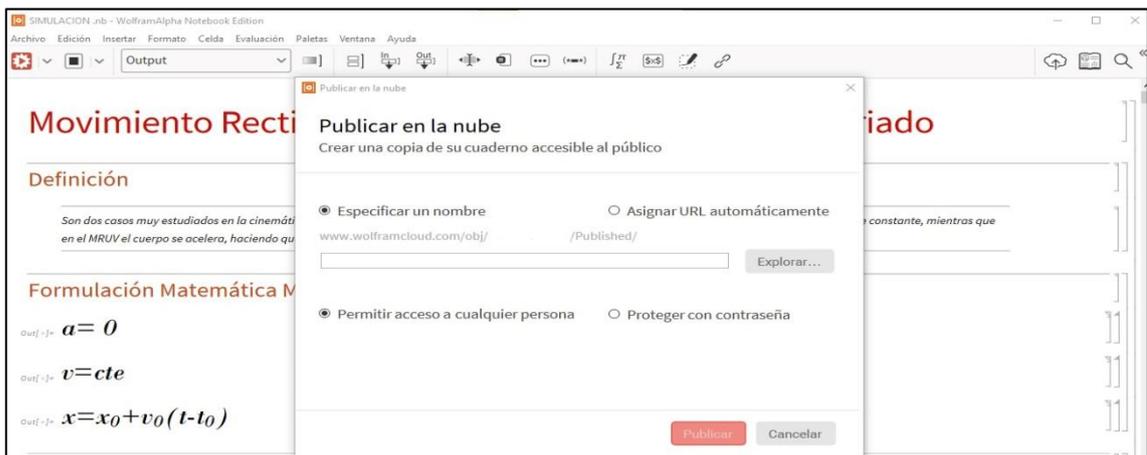
**Ilustración 5-2:** Método para descargar Wolfram Cloud  
**Fuente:** Wolfram, 2023.

- **Cuarto paso:** En este caso se optó por descargar la aplicación, la cual muestra las siguientes opciones.



**Ilustración 5-3:** Cinta de opciones de Wolfram  
**Fuente:** Wolfram, 2023.

- **Quinto paso:** Una vez guardada la simulación se elige la pestaña “Archivo” y seleccionamos la opción “Publicar en la nube” la cual plantea las siguientes opciones:



**Ilustración 5-4:** Opción publicar en la nube  
**Fuente:** Wolfram, 2023.

Una vez publicado nos permite visualizar, encontraremos el contenido de la propuesta a través del siguiente enlace:

<https://www.wolframcloud.com/obj/dianamaritza96ma/Published/CLASSICAL%20PHYSICS%20SIMULATIONS.cdf>

The image shows a browser window displaying a Wolfram Notebook. The title bar reads "SIMULACIONES DE FÍSICA CLÁSICA". The address bar shows the URL "wolframcloud.com/obj/dianamaritza96ma/Published/CLASSICAL%20PHYSICS%20SIMULATIONS.cdf". The notebook content includes:

- SIMULACIONES DE FÍSICA CLÁSICA**
- Movimiento Rectilíneo Uniforme y Uniformemente Variado**
- Definición**  
*Son dos casos muy estudiados en la cinemática de cuerpos, en el cual el MRU hace referencia a un movimiento en el que la velocidad del cuerpo permanece constante, mientras que en el MRUV el cuerpo se acelera, haciendo que la velocidad sea variable en el tiempo.*
- Formulación Matemática MRU**  
$$a = 0$$
$$v = cte$$
$$X = X_0 + v_0(t - t_0)$$

**Ilustración 5-5:** Cuaderno de wólfam publicado en la nube  
**Fuente:** Wolfram, 2023.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Mediante el análisis metodológico se pudo realizar la selección de los temas a tratar en el cuaderno electrónico y las simulaciones correspondientes para cada uno de ellos, dentro de estos temas están Cinemática, Leyes de Newton, Sistemas de partículas, Trabajo y Energía.

Al realizar la investigación se pudo escoger a *Wolfram Mathematica* como la herramienta utilizada para la realización de las simulaciones de la física clásica, pues permite de manera interactiva cambiar parámetros de entrada en problemas planteados y obtener resultados gráficos mediante animaciones y presentación dinámica de datos, en formato CDF.

El formato NB (Notebook) permite leer los documentos realizados en *Wolfram Mathematica*, impide que las funciones input utilizadas sean accesibles, permite añadir elementos dinámicos creados mediante el comando *Manipulate*, permite visualizar mediante lectores online, y postear posteriormente en páginas web. Por lo tanto, se concluye que el formato NB es el ideal para la presentación del cuaderno interactivo de física, brindando características útiles y necesarias para la aplicación de este tipo de enseñanza.

A partir de los resultados obtenidos al realizar la simulación, se puede notar que las variables y parámetros de entrada en cada una de las problemáticas planteadas representan un cambio en los resultados obtenidos. Estos cambios se presentan mediante gráficas interactivas que permiten evidenciar el impacto que tiene la variación de cada uno de ellos en el resultado final.

Las gráficas obtenidas en este tutorial hacen de este cuaderno electrónico una herramienta valiosa en la enseñanza de la física, permitiendo tener laboratorios virtuales y que el estudiante pueda verificar el impacto que tiene el cambio de parámetros dentro de un fenómeno físico. Por lo tanto, el uso del cuaderno electrónico permite tener mayor atención en los laboratorios, toma de datos mucho más rápida y comparación de resultados instantáneos.

En conclusión, la simulación realizada en *Wolfram Mathematica* permite al estudiante verificar, conocer y aprender sobre la aplicación de la física en temas como cinemática, leyes de Newton, sistemas de partículas, trabajo y energía; de manera rápida, eficiente y didáctica, haciendo que la enseñanza de materias como física sea mucho más entretenida y amigable.

## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda que, para futuros trabajos relacionados con la aplicación de cuadernos electrónicos, se pueda aumentar los temas de trabajo a campos como la matemática, principios fundamentales de la física, química, entre otros. Permitiendo de esta manera un entorno de aprendizaje amigable al estudiante.

Se recomienda fortalecer los temas planteados en el cuaderno electrónico mediante aplicación de conceptos como puntos en el espacio, definición de vectores en dos y tres dimensiones, movimiento, recta numérica, entre otros; que permitan realizar una enseñanza de la física desde las bases, para que los conceptos posteriores puedan ser entendidos de mejor manera.

Se recomienda realizar videos ilustrativos para una inducción en el entorno de *Wolfram Mathematica*, permitiendo la edición y ejecución de este tipo de herramientas, mejorando sus habilidades tanto en la física clásica como en el entorno de resolución de problemas que ofrece *Wolfram*.

Se recomienda añadir apartados de adquisición de datos, en donde se puedan crear tablas dinámicas que sean llenados por los estudiantes para comprender el impacto que tiene el cambio de las variables en el resultado de la simulación, además de una exportación de dichos datos a Excel, para que se pueda realizar un laboratorio virtual de manera más rápida y fácil.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ARIAS, Jesús; et al.** “El protocolo de investigación III: la población de estudio”. *Revista Alergia México*, vol. 63, nº 2 (2017), (Inglaterra) pp. 201-206.
2. **ARRIBAS, Enrique; et al.** *Aprendiendo Física con Wolfram Alpha*. Albacete, España : Creative Commons, 2015. ISBN: 978-1-326-25328-8, pp.51-71.
3. **BERNAL, César.** *Metodología de la Investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Bogotá, Colombia : Prentice Hall Pearson, 2016. ISBN 978-958-699-128-5, pp. 80-90.
4. **CARRILLO, Jenny.** Influencia del uso del programa “Wolfram - Alpha” en la enseñanza de Trigonometría en el décimo año de Educación General Básica de la Unidad Educativa “San Marino”, en el año lectivo 2016-2017(Trabajo de titulación) (Licenciatura).[En línea] UCE, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias De La Educación, Carrera de Matemática y Física. Quito - Ecuador. 2017. pp 125-225.[ Consulta: 2022-11-27]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33846>
5. **CONTENTO, Tamia y NIVELLO, Oscar.** Enseñanza de la Mecánica Analítica con el apoyo de recursos didácticos. (Trabajo de titulación) (Licenciatura).[En línea] Universidad de Cuenca, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, Carrera de Matemáticas y Física. Cuenca- Ecuador. 2020. pp 45-70.[ Consulta: 2022-12-12]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/12943>
6. **CRUZ, Fanny; et, al.** "*Sistema De Gestión Iso 9001-2015: Técnicas Y Herramientas De Ingeniería De Calidad Para Su Implementación*". *Revista Ingeniería y Desarrollo*, vol. 17, nº 1 (2017),(Colombia) pp. 59-69.
7. **GUACHUN, Patricio.** Aplicación e impacto de las TICs en la enseñanza de las Matemáticas. (Trabajo de titulación) (Maestría).[En línea] Universidad de Cuenca, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación. Cuenca- Ecuador. 2016. pp 40-111.[ Consulta: 2022-11-17]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25234>
8. **HUERTA, Iiac.** Simulación de estados naturales usando autómatas celulares. (Trabajo de titulación) (Maestría).[En línea] Instituto Politécnico Nacional, Centro De Investigación En

Computación. Mexico 2009. pp 47.[ Consulta: 2022-10-23]. Disponible en: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/5696/1/Tesis12181.pdf>

9. **KOFMAN, Hugo.** *Estudio de la Cinemática y Dinámica de partículas con simulaciones computacionales.* Miami : Alfa, 2016, pp. 1-8.

10. —. *Modelos y simulaciones computacionales en la enseñanza de la Física.* Santa Fé, Argentina : Universidad Nacional del Litoral, 2015, pp. 1-10.

11. **MARIÑO, Hernando.** *Gerencia de Procesos.* Bogota, Colombia : Laurus, 2015. ISBN 9586822362, p. 64.

12. **MORENO, Iván.** *La ESPOCH Sus Primeros Años.* Quito : Digital DocuTech, 1997, pp. 15-21.

13. **MUÑOZ, Manuel.** Aplicación de software matemático DERIVE, para el logro de aprendizajes en aplicaciones del Cálculo Diferencial e Integral, en estudiantes universitarios. (Trabajo de titulación) (Maestría).[En línea] Universidad de Cuenca, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación. Cuenca- Ecuador. 2018. pp 78-114.[ Consulta: 2022-12-12]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/29552>

14. **PARDO, Jose.** *Gestion Por Procesos y Riesgo Operacional.* Madrid, España : Alfa Omega Aenor, 2019. ISBN 9789587784688, p. 17.

15. **VARGAS, Maria.** *La era de la hegenomía cuántica* [blog]. Colombia: Pesquisa 12 de Junio, 2019. [ Consulta: 2022-09-10].Disponible en: <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/tag/fisica-clasica/>

16. **VILLAMIZAR, Ivan.** *Cuadro de Mando.* [En línea] SlideShare, 2013. [ Consulta: 2022 - 09-06]. Disponible en <https://es.slideshare.net/IVANVILLAMIZAR/cuadro-de-mando-26551756>

17. **WOLFRAM.** *Wolfram Mathematica.* [En línea] Computation meets knowledge 2023. [Consulta:2023-10-01]. Disponible en: <https://www.wolfram.com/mathematica/>

18. **ZEMANSKY, Sears, y FREEDMAN, Young.** *Fisica Univesrtaria* VII. Decimosegunda. Mexico : Addison, 2016. ISBN: 978-607-442-288-7, pp.67-142.



## ANEXOS

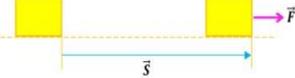
SIMULACION.nb - WolframAlpha Notebook Edition

Archivo Edición Insertar Formato Celda Evaluación Paletas Ventana Ayuda

Output

En mecánica clásica, se dice que una fuerza realiza un trabajo cuando hay un desplazamiento del centro de masas del cuerpo sobre el que se aplica la fuerza, en la dirección de dicha fuerza. Para realizar un trabajo es preciso ejercer una fuerza sobre un cuerpo y que éste se desplace. El trabajo,  $W$ , de una fuerza aplicada a un cuerpo es igual al producto de la componente de la fuerza en la dirección del movimiento,  $F_x$ , por el desplazamiento,  $S$ , del cuerpo.

Si un cuerpo tiene desplazamiento  $\vec{S}$ , mientras una fuerza constante  $\vec{F}$  actúa sobre él en la misma dirección, el trabajo realizado por la fuerza sobre el cuerpo es  $W = F S$ .



Un cuerpo tiene un desplazamiento  $\vec{S}$ , mientras una fuerza constante  $\vec{F}$  actúa sobre él con un ángulo  $\Phi$  con respecto al desplazamiento.

$F_y$  no efectúa trabajo sobre el cuerpo.

$F_x = F \cos \Phi$

$F_y = F \sin \Phi$

$F_x$  realiza trabajo sobre el cuerpo.

$W = F S$   
 $W = (F \cos \Phi) S$   
 $W = F S \cos \Phi$

### Anexo A: Definición de trabajo en Wolfram

SIMULACION.nb - WolframAlpha Notebook Edition

Archivo Edición Insertar Formato Celda Evaluación Paletas Ventana Ayuda

Output

## Movimiento Rectilíneo Uniforme y Uniformemente Variado

### Definición

Son dos casos muy estudiados en la cinemática de cuerpos, en el cual el MRU hace referencia a un movimiento en el que la velocidad del cuerpo permanece constante, mientras que en el MRUV el cuerpo se acelera, haciendo que la velocidad sea variable en el tiempo.

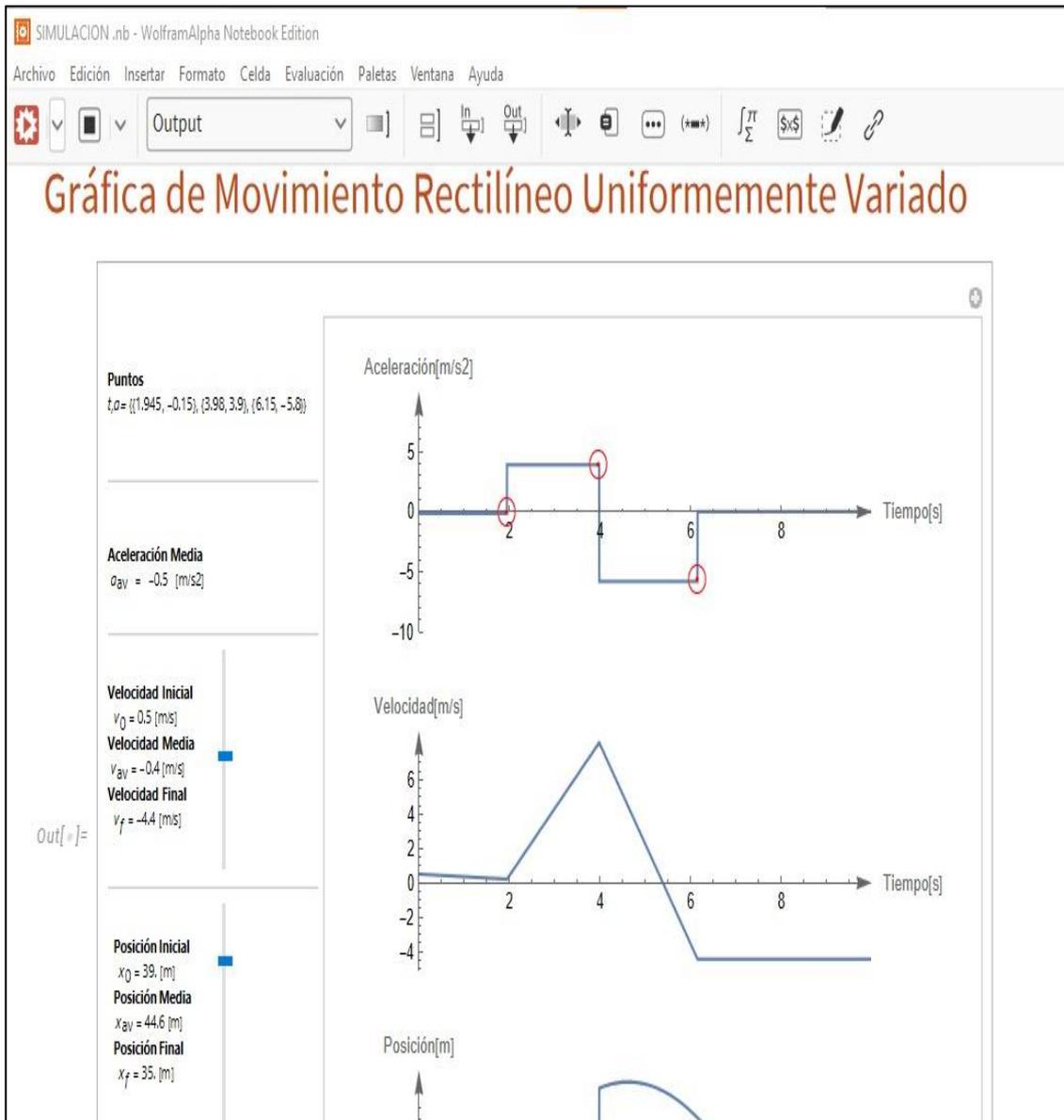
### Formulación Matemática MRU

$a = 0$

$v = cte$

$x = x_0 + v_0(t - t_0)$

### Anexo B: Movimiento Rectilíneo en Wolfram



Anexo C: Gráfica de movimiento rectilíneo en *Wolfram*



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 30/ 05 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Adriano Vargas Diana Maritza
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Física
<b>Título a optar:</b> Física
<div style="text-align: center;"><p>Firmado electrónicamente por: <b>RICHARD WILLIANS PACHACAMA CHOCA</b></p><hr/><p><b>Dr. Richard Willians Pachacama Choca MSc.</b> <b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b></p> <p>Firmado electrónicamente por: <b>MARIA FERNANDA HEREDIA MOYANO</b></p><p><b>Biof. María Fernanda Heredia MSc.</b> <b>Asesora del Trabajo de Integración Curricular</b></p></div>