

**DISEÑO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA PARA EL ESTUDIO DE LA CAÍDA DE LOS
CUERPOS**

Sandra Lorena Ruiz Zapata

Asesora

Profesora Liliana Tarazona

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Bogotá D.C. 2021

**DISEÑO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA PARA EL ESTUDIO DE LA CAÍDA DE LOS
CUERPOS**

Sandra Lorena Ruiz Zapata

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciada en Física

Línea de profundización:

La enseñanza de la física y su relación física matemática

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Bogotá D.C. 2021

AGRADECIMIENTOS...

A Dios por darme la oportunidad de estudiar una carrera y acompañarme en cada momento.

A mis padres Stella y Carlos que cada día me motivaron para nunca desfallecer y continuar con mis estudios, preocupándose día tras día por mi futuro y por mi carrera profesional, a ellos gracias por su apoyo incondicional, valoro cada esfuerzo.

A mi esposo Jeison que siempre me apoyó durante todo este proceso y siempre tuvo palabras de aliento para mí.

A mis hijos Diego y Santiago porque son mi motivación para salir adelante, seguir luchando y alcanzar mis metas.

A mis mejores amigos Duván y Ángela que me acompañaron durante todo el proceso de mi universidad, agradezco cada consejo bien dado y cada locura que compartimos juntos.

A mi Tony

A mi asesora la profesora Liliana Tarazona Vargas por todo su apoyo durante este proceso.

A los profesores del departamento de Física por sus enseñanzas.

A la Universidad Pedagógica Nacional.

Contenido

INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO 1	8
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.1 Pensar el movimiento de caída de los cuerpos en las clases de física	9
1.2 Pregunta problema	10
1.3 Justificación	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 General	12
2.2 Específicos	12
3. ANTECEDENTES	12
4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	16
CAPÍTULO 2	18
DESCRIPCIÓN DE LA CAÍDA DE LOS CUERPOS	18
1. GALILEO GALILEI: SOBRE EL MOVIMIENTO NATURALMENTE ACELERADO	19
1.1 Movimiento acelerado y uniformemente acelerado	20
1.2 Sobre el movimiento en planos inclinados	22
1.3 Los grados de velocidad en el movimiento de caída	26
CAPÍTULO 3	29
ELABORACIÓN DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA	29
1. Criterios para elaborar los objetivos específicos	31
2. Criterios para la selección de contenidos	32
3. Criterios para organizar y secuenciar los contenidos	33
4. Criterios para la selección y secuenciación de actividades	34
5. Criterios para la selección y secuenciación de las actividades de evaluación	36
6. Criterios para la organización y gestión del aula	36
CAPÍTULO 4	39
MOVIMIENTO DE UN CUERPO SOBRE UN PLANO INCLINADO	39
1. Elementos orientadores para el diseño de una unidad didáctica sobre el movimiento de un cuerpo sobre planos inclinados	39
1.1 Elementos que orientan el estudio del movimiento en la unidad didáctica desde el estudio del trabajo de Galileo Galilei	40
1.2 Preguntas que se van a abordar en la unidad didáctica:	41

1.3 Tiempos de la unidad didáctica	43
1.4 Cómo se considera la evaluación en esta unidad didáctica:	44
2. Actividades de la unidad didáctica	45
CONCLUSIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	55

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Elementos con los que se diseña la unidad didáctica	16
Figura 2. Plano inclinado de Galileo	22
Figura 3. Sobre el movimiento del péndulo	23
Figura 4. Sobre el movimiento del péndulo	23
Figura 5. Sobre el movimiento del péndulo	24
Figura 6. Sobre la intensidad de la velocidad en los planos inclinados	24
Figura 7. Representación de los grados de velocidad instantáneos de un cuerpo en caída	27
Figura 8. Criterios para la elaboración de una unidad didáctica	29
Figura 9. Sobre la secuencia de actividades	33
Figura 10. Organización y gestión del aula	36
Figura 11. Pautas para la elaboración de la unidad didáctica	37
Tabla 1. Sesiones de la unidad didáctica	40

INTRODUCCIÓN

Una de las dificultades que se presenta a la hora de enseñar los fenómenos físicos, en este caso, la caída de los cuerpos es que no se logra hacer una buena caracterización del fenómeno; sino que solo se enseña de manera magistral. Es decir, con ayuda del tablero y libros de textos, donde se limita la importancia y el tiempo necesario para prácticas experimentales y actividades donde los estudiantes tengan que reflexionar e indagar a medida que va aprendiendo, pocas veces se da prioridad a la motivación y curiosidad del estudiante y sólo se limita a desarrollar y reemplazar ecuaciones obteniendo un resultado de manera mecánica, sin una buena comprensión por parte del estudiante (Astorga, 2010).

Para hacer un mejor análisis y lograr una buena comprensión de dicho fenómeno, este trabajo de grado se apoyó en los estudios realizados por Galileo Galilei expuestos en su obra titulada “*Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Jornada tercera*” donde se logra evidenciar un gran trabajo en torno a este tema y se hace una descripción más detallada del fenómeno, en el cual se dará prioridad a la caída de los cuerpos en planos inclinados. Desde este estudio se plantean elementos que orientan el contenido de una unidad didáctica que se centre en la caída de los cuerpos.

En cuanto a la elaboración de la unidad didáctica se investigó cómo es su elaboración didáctica y cuáles son los criterios a tener en cuenta. Para esto, se tomó en cuenta el trabajo de Sanmartí, Neus (2005) “*La unidad didáctica en el paradigma constructivista. Unidades didácticas en ciencias y matemáticas*”, que considero es un trabajo muy elaborado donde explica a detalle la importancia de definir bien los objetivos, seleccionar y secuenciar los contenidos, actividades y evaluaciones, además de la organización y gestión del aula.

Este trabajo de grado está conformado por cuatro capítulos. En el primero se presenta la dificultad respecto a la enseñanza del fenómeno de caída, con sus respectivas justificaciones y antecedentes, se postula una pregunta de investigación, los objetivos pertinentes y el proceder metodológico que orientó el desarrollo de este trabajo.

En el segundo capítulo, se encuentra la descripción de algunos elementos del trabajo realizado por Galileo Galilei en la tercera jornada de *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, donde en torno a la caída de los cuerpos se exponen diferentes puntos de vista sobre la representación del movimiento acelerado y uniformemente acelerado y también el

movimiento sobre los planos inclinados, de los cuales se logra realizar una descripción más profunda de este fenómeno.

En el tercer capítulo, se profundiza sobre una manera de concebir una unidad didáctica y los criterios a tener en cuenta para elaborarla de manera correcta. Allí se da importancia a la selección de contenidos, a los objetivos que se proponen, al tiempo requerido para la implementación y las secuencias de las actividades a llevar a cabo, la organización del aula y los métodos de evaluación de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el cuarto capítulo, se presenta la elaboración de la unidad didáctica teniendo en cuenta lo mencionado en los tres capítulos anteriores; esta se centra en el análisis del movimiento de caída de cuerpos sobre planos inclinados, propuesta que se dirige a estudiantes de grado décimo.

Finalmente el documento se cierra con las conclusiones que permiten dar respuesta a la pregunta que orientó este trabajo de grado.

CAPÍTULO 1

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En este primer capítulo se expone el planteamiento del problema, el objetivo de la investigación y su justificación, que son aspectos importantes para la realización de este trabajo, teniendo en consideración un tema tan importante en la educación media como es el movimiento de caída de los cuerpos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cuando la manera de enseñar los fenómenos físicos, por ejemplo la caída libre, se reduce a la forma tradicional, es decir, explicación en el tablero y la transcripción del libro al cuaderno, solo se aprende su definición de manera memorística sin comprenderla, de tal manera que el estudiante no puede dar explicación del fenómeno en una situación específica. En el caso del movimiento de caída, solo se reduce la explicación a ecuaciones de movimiento uniformemente acelerado. Esto es debido, en gran manera, a que se privilegia la transmisión de conceptos, sin reconocer los conocimientos previos de los estudiantes, sin llevar al aula una reflexión y un análisis del tema (Astorga, 2010, pág. 13).

Por otro lado, en esta forma tradicional de enseñanza, los estudiantes resuelven problemas numéricos simplemente reemplazando valores de manera mecánica, excluyendo la relación de los conceptos físicos y la teoría involucrada en su formulación. Estas acciones promovidas por el profesor no posibilitan que se cuestione sobre el fenómeno mismo, ni por el contexto que dio posibilidad a la formulación de estas ecuaciones, ni por las preguntas que permitieron organizar los conceptos que se asocian a los fenómenos.

Este tipo de contradicciones entre la teoría que se enseña y lo que aprenden los estudiantes muestra la poca o nula comprensión por parte de los estudiantes de la teoría física. La teoría que se enseña y que aparece en los libros de texto corresponde a un modelo ideal, producto de una abstracción que, si bien hace parte de modelos y teorías de la física, no hace parte de la cotidianidad del estudiante (experiencia), razón por la cual el estudiante se encuentra en un

conflicto conceptual en el que, a pesar de las intenciones y esfuerzos, prevalecen en la mayoría de los casos los pre conceptos. (Alarcón, 2012, pág.9)

Con base en lo anterior se podría pensar que este puede ser el motivo por el que nuestro país, teniendo en cuenta los resultados de las pruebas PISA, tiene deficiencia en cuanto a los niveles de desempeño en el área de ciencias naturales. Para Gallón (2016, pág. 19) estos resultados hacen pensar en las diversas variables que afectan la educación, entre ellas está el rol del educador, su metodología, su modelo de enseñanza. Lo cual nos lleva a reflexionar sobre las posibles alternativas que como maestros podemos plantear en nuestras clases de física, y sobre el objetivo de la enseñanza de la física en la educación básica.

1.1 Pensar el movimiento de caída de los cuerpos en las clases de física

Dar cuenta del movimiento de los cuerpos implica hacer descripciones para caracterizarlo, esto es, responder preguntas como: ¿cómo construir variables que permitan hacerlo?, ¿por qué en el caso de la caída la variable que se destaca es la aceleración?, ¿cómo dar cuenta de la aceleración de un cuerpo que cae?, ¿experimentalmente cómo dar cuenta del movimiento de caída de un cuerpo? Abordar estas preguntas implica trascender la memorización de las ecuaciones de movimiento, el profesor podría acudir a la historia de la ciencia para reconocer el proceso de explicaciones que realizaron quienes no contaban con estas ecuaciones y se dieron a la tarea de hablar del movimiento.

Sin lugar a duda cuando queremos mencionar el movimiento de los cuerpos, más específicamente el movimiento de la caída, debemos tener en cuenta el estudio realizado por Galileo Galilei, debido a que en su texto *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, realiza un análisis detallado del movimiento de la caída de los cuerpos, éste es interesante ya que se centra en describir lo ocurrido en cada instante de tiempo apoyado en la geometría.

Para Romero y Rodríguez (2003) existen dos enfoques de relación entre la física y la matemática que es necesario reflexionar cuando se aborda este tipo de estudios:

Uno, a través del cual las matemáticas son asumidas como un medio de expresión y de cálculo, que conduce a concretar la relación entre la física y las matemáticas a través de una relación de aplicación: las matemáticas intervienen

en la física como un instrumento meramente técnico. Y otro, en donde se considera que las matemáticas tienen con la física una relación de constitución: sin las matemáticas no sólo es imposible especificar y expresar los conceptos y procesos del pensamiento físico, sino incluso generarlos. (Romero y Rodríguez, 2003, pág. 58)

Este último enfoque podría encontrarse en el trabajo de Galileo.

Durante la caída, la velocidad del cuerpo varía en el transcurso de esta acción, de este modo se establece la velocidad como una variable, que como la palabra lo dice, va cambiando el valor numérico de la velocidad en cada instante de tiempo. Es lo mismo que decir que la velocidad aumenta en proporción al tiempo, en vista de los argumentos dados por Galileo:

el espacio recorrido por el móvil que cae con el incremento de velocidad, será igual al espacio que recorrería un cuerpo durante el mismo intervalo de tiempo con movimiento uniforme, cuyo grado de velocidad fuese la misma (Galilei, 1638, pág. 8-10).

Se considera de gran importancia que se logre describir como tal el fenómeno de la caída libre, el poder describir la variabilidad existente en cada momento del fenómeno presentado teniendo como base los análisis de Galileo Galilei en su obra anteriormente nombrada, donde no precisamente se necesita partir de una ecuación de movimiento uniformemente acelerado, sino que puede acudir inicialmente a un lenguaje más descriptivo del fenómeno.

1.2 Pregunta problema

A partir de este planteamiento la pregunta que se aborda en este trabajo de grado es: ¿Qué elementos orientadores podrían fundamentar una unidad didáctica para abordar la caída de los cuerpos y su descripción en la clase de física?

1.3 Justificación

Con base en mi práctica pedagógica y mis tres años de experiencia como docente de Física en los grados décimo y once, he encontrado que en grado décimo el abordaje del movimiento de caída libre con los estudiantes se centra muchas veces en la resolución aritmética o algebraica de ecuaciones de movimiento, sin tener en cuenta la profundización ni la descripción de los conceptos

físicos, dejando así un vacío a la hora de la comprensión de la caída de los cuerpos. Se propone entonces diseñar una unidad didáctica que permita planificar el proceso de enseñanza- aprendizaje con el propósito que los estudiantes puedan acercarse al estudio de este fenómeno y puedan construir descripciones del movimiento que tengan sentido para ellos.

El evento de la caída de los cuerpos es uno de los temas principales en el área de física en educación media, porque allí se abordan conceptos relevantes como la velocidad, aceleración, gravedad, tiempo, entre otros, que son necesarios para comprender algunos fenómenos físicos. De aquí depende que el estudiante pueda hacer una formalización de la caída de los cuerpos.

Cuando percibimos que no es adecuado decir «el cuerpo tiene movimiento», sino «el cuerpo está en movimiento», estamos considerando que el movimiento no es algo que pertenece al cuerpo, sino que es un modo de ser o estar de los cuerpos, donde es importante configurar fenómenos que posibilite la identificación del estado de movimiento como variable y el establecimiento de relaciones con otras variables que permitan su cuantificación (Romero y Rodríguez, 2003, pág. 60).

Como señalan Romero y Rodríguez (2003, pág. 59), la velocidad instantánea es uno de los conceptos centrales de la cinemática, porque permite la descripción y análisis del estado de movimiento de los cuerpos, en el sentido de que en su definición es primordial los conceptos *posición* y *desplazamiento*, asumidos como funciones del tiempo. Pero lastimosamente en la mayoría de los textos y cursos introductorios de física no se dedica el tiempo suficiente para garantizar su comprensión por parte de los estudiantes, ni se diseñan y ponen en práctica las estrategias adecuadas para tal fin. “La mayoría de las investigaciones que identifican las dificultades de los estudiantes en la comprensión de los conceptos básicos de cinemática resaltan el papel que juega la experiencia” (Romero y Rodríguez, 2003, pág. 59).

La experiencia es importante a la hora de comprender fenómenos físicos, por su puesto la actividad experimental. Pero en algunos casos, cuando se aborda la caída de los cuerpos en las aulas, esta actividad se reduce a proponer a los estudiantes que dejen caer dos objetos al suelo y tomar determinados intervalos de tiempo, para establecer divisiones entre el espacio total recorrido y el tiempo, sin ponerse en cuestión si la velocidad del cuerpo varía en ese movimiento y cómo se podría dar cuenta de esto, es decir sin analizar la manera como esta magnitud podría caracterizar el movimiento.

En este sentido, el trabajo de Galileo con el plano inclinado, permitió que fuera más fácil tener mediciones de tiempo y de esta manera de establecer la relación entre espacios y tiempos al cuadrado, es decir, construir la velocidad como una magnitud importante para dar cuenta del movimiento acelerado.

Por esto en este trabajo se realiza un estudio del trabajo de Galileo con planos inclinados y se diseña la manera como puede ser llevado al aula el estudio de la caída involucrando la experiencia.

2. OBJETIVOS

Se presentan los objetivos que orientan el trabajo que se presenta en este documento.

2.1 General

- Establecer elementos orientadores para fundamentar una unidad didáctica desde la cual se aborde el estudio de la caída de los cuerpos y su descripción en la clase de física.

2.2 Específicos

- Analizar el trabajo que presenta Galileo Galilei en su obra *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Jornada tercera* sobre el movimiento de caída en planos inclinados.
- Describir elementos que se deben tener en cuenta para la elaboración de una unidad didáctica.
- Diseñar una unidad didáctica como herramienta de enseñanza para abordar el movimiento de caída de los cuerpos con estudiantes de grado décimo.

3. ANTECEDENTES

Algunos de los antecedentes de este trabajo son los siguientes:

Moreno (2020) en su trabajo de grado titulado “*Acerca de la formalización del concepto velocidad desde la geometrización del movimiento de caída según Galileo Galilei*” menciona que los estudiantes no comprenden bien el concepto velocidad ya que no se prioriza de manera experimental, ni tampoco se da a entender cómo se construyó y fundamentó como tal este concepto,

por esto considera importante acudir a los grandes pensadores que se interesaron por el movimiento de los cuerpos. En este trabajo se abordan los trabajos realizados por Galileo en su obra *“Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias”* donde se realiza una representación geométrica dando paso a la formalización matemática del movimiento y donde se resalta la importancia del análisis histórico. Estos elementos son referentes importantes para el presente trabajo de grado, el cual pretende contribuir a estas reflexiones y aportar con el diseño de una unidad didáctica desde los aportes del trabajo de Galileo Galilei pues en el trabajo de Moreno no se realiza una propuesta pedagógica como tal.

Perilla (2005) en su trabajo doctoral titulado *“El fenómeno de la caída libre y los conceptos de masa inercial y masa gravitacional”* asevera que los estudiantes de Ingeniería o Licenciatura en Física no saben la diferencia que existe entre la masa inercial y la masa gravitacional, y el efecto que esto tiene sobre la caída de los cuerpos, siendo esto una gran dificultad para la comprensión de tal fenómeno ya que en este nivel lo que se espera es que ya se tuviera de forma minuciosa este conocimiento. Propone para esta problemática diseñar un módulo pedagógico desde una investigación histórica sobre el tema, teniendo en cuenta los estudios realizados por Galileo, Newton y Einstein. Este trabajo doctoral aporta a la investigación que se presenta en las siguientes páginas, pues se toma como sustento para evidenciar la problemática que existe en la enseñanza, en cuanto a la falta de prioridad de los conceptos para comprender el movimiento de caída de los cuerpos. Cabe resaltar que si bien Perilla acude al trabajo de Galileo, no profundiza el trabajo sobre el movimiento de caída en planos inclinados, sino sobre la caída libre de un objeto.

García (2016) en su trabajo de grado titulado *“Diseño y construcción de un prototipo para el estudio de la caída de los cuerpos. Medición de la aceleración de la gravedad por medio de (Arduino)”* postula que el docente enseña definiciones operativas, manipulaciones cuantitativas y problemas de cálculo de los conceptos sin profundizar en su significado y los experimentos son un papel secundario como fuente de verificación de la teoría. Desde esta perspectiva busca construir la magnitud de la aceleración alrededor del análisis de la caída de los cuerpos desde el diseño y desarrollo de un prototipo experimental (Arduino). Es decir, un dispositivo que permita experimentar de manera innovadora y se le dé la importancia al proceso experimental dentro del proceso de la enseñanza de la física.

Astorga (2010) en su trabajo de grado titulado “*Modelo de Galileo de plano inclinado para la enseñanza de la cinemática*” dice que la cinemática es uno de los temas más importantes abordados en Física, porque este tiene una vinculación con nuestro entorno ya que se refiere al movimiento de los cuerpos, por ejemplo el movimiento de un carro o de un avión, pero sin embargo los estudiantes en el aula no logran entender bien las definiciones que este acarrea y los sucesos allí presentados, ya que solo basta con aprender las ecuaciones de manera memorística; por esto, este autor elabora una estrategia pedagógica que consiste en una serie de actividades experimentales para construir la definición de la cinemática, con el fin de propiciar en el alumno el desarrollo de las competencias genéricas y disciplinares en la asignatura de Física, para que pueda aplicarla en su vida cotidiana de acuerdo a su nivel cognitivo. En este trabajo se profundiza el manejo de equipo de laboratorio, las magnitudes físicas y la relación entre distancias y tiempos de caída de un balón (sin variar el peso) sobre un plano inclinado y basándose en la forma en que Galileo realizó este estudio, también acude a hacer la experiencia con agua. Este trabajo es una referencia importante al que se presenta en estas páginas, sus aportes permiten pensar el problema de investigación, particularmente sobre el aporte de la actividad experimental. El presente trabajo aporta a la propuesta de Arteaga en indagar sobre la relación de la velocidad y la altura del objeto por medio de un péndulo proponiendo actividades que implicarían, posiblemente, la reflexión y análisis de los estudiantes sobre el movimiento de los cuerpos.

Durán (2011) en su trabajo de grado titulado “*Experiencias didactas para mejorar la comprensión del concepto de caída libre y demostrar la independencia de la masa en el tiempo de caída de los cuerpos en ausencia de la fuerza de rozamiento*” puso en evidencia un problema en el aprendizaje de la mecánica clásica, en cuanto al no entendimiento de la independencia de la masa en la caída libre de los cuerpos en ausencia de rozamiento, enfatiza en que los problemas cuantitativos están por encima de los cualitativos que son los que ayudan a conceptualizar un fenómeno, limitando de esta manera la motivación del estudiante por el entendimiento conceptual de los fenómenos físicos. Buscando una solución, elabora un material didáctico y experiencias de laboratorio enmarcadas dentro de la estrategia de aprendizaje activo, que permite a dichos estudiantes, asimilar e interiorizar con el fenómeno de la caída. Este material lo presenta en su trabajo de grado de maestría. El trabajo de Durán aportó en algunas reflexiones que se exponen en el presente trabajo respecto a la problemática que existe a la hora de enseñar los fenómenos físicos, ya que se da prioridad a la resolución de ecuaciones de forma mecánica, muchas veces sin

saber si el estudiante comprende lo que está haciendo. Y se intenta abordar la problemática que plantea Durán en cuanto a la necesidad de plantear actividades experimentales sobre la independencia de la masa, así, en el presente trabajo dado el análisis que se realiza sobre la obra de Galileo se encuentra que la comparación de la caída de dos objetos de igual tamaño, pero de masa distinta, que podría contribuir a que no se vincule la rapidez de caída con la masa, ni con la forma del cuerpo.

Alarcón (2012) en su trabajo de grado titulado *“Estudio del fenómeno de la caída de los objetos desde la perspectiva de los Sistemas Dinámicos: una propuesta para el desarrollo de competencias científicas”* presenta una propuesta para la enseñanza de la caída de objetos, soltando esferas en caída libre, sin necesidad de acudir al plano inclinado sino basada en la perspectiva de los Sistemas Dinámicos y orientada al desarrollo de competencias científicas de los estudiantes de grado noveno de la Escuela Pedagógica Experimental, con el fin de llenar el vacío conceptual que genera una enseñanza de la física de tipo algorítmico, utilizado como pretexto un fenómeno de la física en este caso la caída de los cuerpos para desarrollar conceptos claves.

Gallón (2016), en su trabajo de grado titulado *“Diseño de un proyecto digital de aula, para la enseñanza del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado en el grado décimo, de la institución educativa Presbítero Julio Tamayo”*, especifica que el método tradicional de enseñanza es el más empleado en nuestro contexto y aunque es necesario, cuando es monótono vuelve las clases descontextualizadas y repetitivas, en el que el docente es el centro de aprendizaje, y los estudiantes son receptores del conocimiento, que buscan comprender mejor el medio en el que viven y que bajo este panorama han perdido el interés que puede suscitar este tipo de enseñanza. De tal manera presenta una propuesta didáctica que involucra un proyecto digital de aula basada en la plataforma Moodle, donde se desarrolla el Aprendizaje Basado en Problemas para la enseñanza del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado, buscando que el aprendiz desarrolle competencias acordes a su edad, y obtenga aprendizajes significativos. Considero que este trabajo es importante ya que menciona algunas dificultades de enseñanza dentro del aula, además de que resalta la importancia de buscar estrategias que mantengan a los estudiantes motivados ya que es un factor esencial para la comprensión de contenidos.

Romero y Rodríguez (2003) en su artículo *“La formalización de los conceptos físicos. El caso de la velocidad instantánea”*, ponen de manifiesto que los procesos de matematización y

formalización causan dificultades a los estudiantes de física originando incluso el fracaso académico, ya que en las matemáticas que hace el profesor, se confunden los procesos de matematización de los fenómenos físicos con la aplicación de fórmulas y algoritmos; proponiendo así, que la enseñanza de esta área se acerque a la construcción del fenómeno y las magnitudes de medida. Por esto, los autores afirman que la forma como se puede avanzar en la caracterización de las relaciones entre la física y las matemáticas que posibilite plantear propuestas didácticas es a través de la realización de estudios de casos de cómo se constituyen y formalizan conceptos físicos particulares. Sólo así se podrá explicitar el uso de representaciones, el establecimiento de modelos y los grados de formalización involucrados en la identificación y cuantificación de las magnitudes relevantes para la constitución de un concepto particular. Dado que en este trabajo se realiza un análisis histórico de la perspectiva galileana sobre el movimiento de los cuerpos además de una formalización del concepto de velocidad que es un factor muy importante para abordar el tema del movimiento, se constituye en un referente teórico para el presente trabajo.

4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo se basa en la investigación documental. Se acude al trabajo que Galileo Galilei presenta en la *Tercera Jornada* de su obra “*Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*”, la lectura y análisis de éste permite entender cómo Galileo explica el movimiento acelerado, describiendo y demostrando la relación entre algunas magnitudes como la velocidad y el tiempo, y con una formalización de conceptos que nos ayuda a describir dicho movimiento. También se acude al estudio del trabajo de otros investigadores que han abordado el trabajo de Galileo sobre el movimiento de los cuerpos, como se presentó en los antecedentes, para tener elementos que apoyen el análisis. Con este estudio documental se destacan algunos elementos que orienten la construcción de una unidad didáctica.

Además, se hace una indagación sobre las características que debe tener una unidad didáctica, para esto se acude al trabajo de Sanmartí, Neus (2005) “*La unidad didáctica en el paradigma constructivista*”, que indica una serie de criterios que veremos más adelante y que sirven para construir una unidad didáctica, ya que este material ayuda al profesor a planificar sus clases, buscando que los estudiantes no solo memoricen el contenido, sino que realmente aprendan.

Posteriormente se definen los elementos que debe contener la unidad didáctica y con estos se diseña la unidad didáctica propuesta.

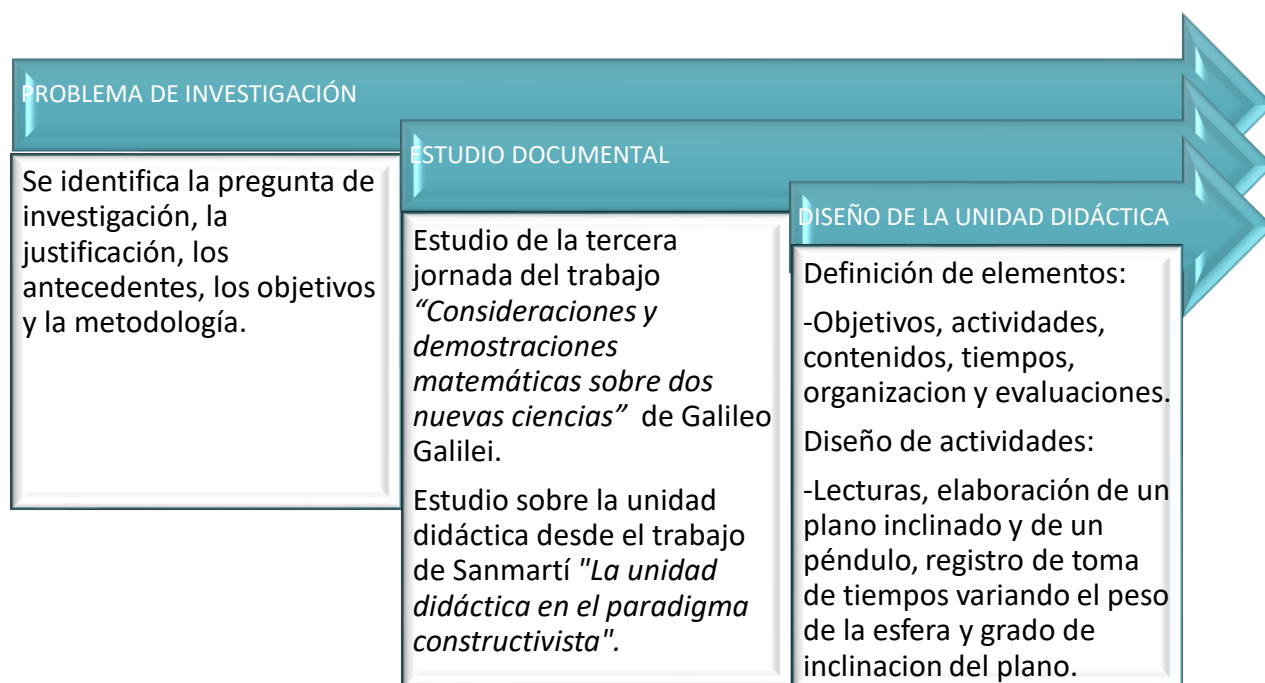


Figura 1. Elementos con los que se diseña la unidad didáctica. Elaboración propia.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LA CAÍDA DE LOS CUERPOS

A pesar de que el movimiento de un cuerpo es un fenómeno con el que estamos muy familiarizados en nuestra vida cotidiana y sabiendo que cualquier persona entiende con facilidad la diferencia entre movimiento y reposo, describirlo no siempre resulta tan sencillo. Este fenómeno ha sido uno de los más estudiados por filósofos, científicos y pensadores de todos los tiempos, como Galileo, Newton, Aristóteles, entre otros y cuyas observaciones han arrojado resultados prácticos que no sólo han contribuido al desarrollo de la Física (Astorga, 2010, pág. 29).

Uno de los aportes más importantes en cuanto a la caída de los cuerpos, fueron los estudios realizados por Galileo Galilei, él pensaba que, en un espacio completamente libre de aire, dos cuerpos en caída libre cubrían distancias iguales en tiempos iguales sin importar su peso (Romero y Rodríguez, 2003). Esto contradecía la noción aristotélica que se tenía acerca de la caída libre, donde se afirmaba que los cuerpos más pesados llegarían al suelo antes que los ligeros, creencia que duró por muchos años hasta la llegada de Galileo para desmentir su afirmación.

Para corroborar su propuesta, Galileo realizó un experimento que consistía en dejar caer una esfera de plomo sobre un plano inclinado desde diferentes alturas e inclinaciones, demostrando que los cuerpos caen con una aceleración constante y que la distancia recorrida por la esfera es proporcional al cuadrado de los tiempos.

Sin embargo, como Pérez (2015) señala, un problema de este fenómeno de la caída libre es que la velocidad de caída aumenta muy rápidamente, y en ese momento de la historia no se contaba con herramientas que tuvieran gran precisión en las mediciones, por lo que no era posible medir el tiempo que tarda un cuerpo en recorrer diferentes distancias al caer. Entonces Galileo pensó en ignorar el efecto de la gravedad, utilizando planos inclinados y esferas de plomo, midiendo el tiempo que tardaban en recorrer determinadas distancias, y dio cuenta de que los que tenían menos inclinación eran más precisos para disolver este efecto pues producían una caída más lenta.

Para dar cuenta del movimiento la velocidad es el factor más relevante, Galileo se refería a ésta como el grado de rapidez o lentitud que puede adquirir un cuerpo. Romero y Rodríguez (2003) señalan:

Considerar el movimiento como un estado de un sistema de cuerpos implica que, paralelamente a la identificación del sistema en consideración, es necesario identificar una propiedad variable a través de la cual se dé cuenta de los diferentes estados de movimiento que puede llegar a tener un cuerpo. Esta posibilidad, igualmente, ya está presente en el lenguaje a muy tempranas edades: cuando nos referimos al movimiento de un cuerpo hablamos de qué tan rápido o lento se mueve dicho cuerpo; esto pone en evidencia que para referirnos al movimiento identificamos una cierta cualidad susceptible de tener grados, que da cuenta del estado de movimiento de los cuerpos: el grado de velocidad. (pág. 60)

En este capítulo se hará una descripción del trabajo de Galileo sobre la caída de los cuerpos en planos inclinados con el propósito de encontrar elementos que orienten el contenido de la unidad didáctica que se diseñará.

1. GALILEO GALILEI: SOBRE EL MOVIMIENTO NATURALMENTE ACELERADO

En la obra del astrónomo y físico italiano Galileo Galilei “*Discursos y demostraciones matemáticas en torno a dos nuevas ciencias*” referidas a la mecánica y a los movimientos locales, en su tercera jornada se ocupa del movimiento uniforme y uniformemente acelerado de los cuerpos. En esta jornada, Galileo establece un diálogo con tres personajes: Sagredo, quien fue un matemático veneciano; Salviati, defensor del sistema copernicano y que representa la propia visión de Galileo; y Simplicio, quien aboga por el sistema de Ptolomeo y Aristóteles (Ruiza, M., Fernández, T. y Tamaro, E., 2004).

Al tener estos personajes diferentes posturas y puntos de vista sobre el movimiento de los cuerpos, le aportan a este trabajo argumentos para definir con más claridad el fenómeno de la caída de los cuerpos. Además, presenta situaciones experimentales que pueden orientar algunas actividades que se pueden diseñar para realizar en el aula con estudiantes, porque sirven de apoyo para la elaboración de varias hipótesis por parte de los estudiantes. A continuación, se describen algunas de los elementos que orientan estas situaciones.

1.1 Movimiento acelerado y uniformemente acelerado

Retomando la obra de Galileo y según su hipótesis donde postula que se podría pensar que el movimiento naturalmente acelerado es innato a la naturaleza misma, es decir que cuando vemos a una piedra caer desde cierta altura no cuestionamos que esta podría tener un movimiento que se diferencia a cada instante, teniendo en cuenta la relación que tiene entre la velocidad y el tiempo. Esta relación implica que en el segundo intervalo de tiempo desde su punto de partida (reposo) ésta logra el doble de la velocidad adquirida que en el primer intervalo, por tanto en un quinto intervalo, la piedra se movería con cinco veces la velocidad adquirida que en el primero. Por otro lado, también podríamos decir que el primer intervalo es cinco veces más lento que en este quinto intervalo de tiempo y así sucesivamente, por lo que se puede concluir que la velocidad crece según el incremento de tiempo, es decir la velocidad es proporcional al tiempo. De esta manera es más fácil poder definir el movimiento uniformemente acelerado.

Frente a esta descripción, Sagredo afirma que si miramos, desde esta perspectiva, el movimiento de un cuerpo que en el sexto intervalo de tiempo alcanza una cierta velocidad y en el tercer intervalo la mitad de ésta, si pensáramos en llegar al primer intervalo estaríamos hablando de un estado de lentitud, pero lo que se puede cuestionar es qué tan pronto el cuerpo deja su punto de reposo alcanza una velocidad que es notable.

Salviati dice que es justamente este pensamiento de Sagredo el cual da respuesta a lo que afirma Galileo, pues a pesar de que un cuerpo independientemente de su peso, en el momento en el que deja su estado de reposo tiene una velocidad apreciable, ésta es sumamente lenta a comparación de la que va adquiriendo. También para argumentar más su afirmación pone de ejemplo el choque o golpe que deja un objeto al caer, ya que con esto se podría deducir la velocidad con la que un cuerpo cae si se toma en cuenta la calidad del golpe, pues no es lo mismo el rasgo o forma que deja una esfera de metal al caer encima de una almohada desde una distancia pequeña, que el que deja la misma esfera al caer desde una distancia más grande, porque en esta distancia más grande esta esfera habrá obtenido una mayor velocidad. Simplicio está de acuerdo con esta teoría ya que el impacto de un objeto al caer será del doble si la altura es el doble y así sucesivamente.

Según Salviati insiste que esto es un error, y es algo que en un principio Galileo también se cuestionó porque si la velocidad con que un cuerpo recorre seis metros es el doble que en la que recorre tres metros, es decir que los intervalos de tiempo serían iguales, sin embargo, lo que se nota

es que el cuerpo recorre los tres primeros metros en un intervalo de tiempo menor que en los seis metros. Complementando su opinión y poniendo de ejemplo el caso del choque de un cuerpo que cae, para saber cómo fue ese choque hay que tener en cuenta la velocidad, o sea que si un cuerpo cae de una altura doble sería necesario que chocara con doble velocidad, recorriendo así el doble de espacio en el mismo tiempo, pero cuando vemos la realidad notamos que a una altura mayor el cuerpo se demora más en caer e impactar.

Hasta aquí Galileo establece la relación proporcional entre velocidad y tiempo, mientras niega la proporcionalidad entre velocidad y espacio, a pesar de que el razonamiento tiene sentido y se ajusta a la experiencia, pero es necesario diferenciar en el efecto de la caída (la huella en la almohada) que se relaciona con la idea de momento, de las relaciones de velocidad y tiempo para comprender el movimiento. La velocidad es el factor más relevante, Galileo se refería a ésta como el grado de rapidez o lentitud que puede adquirir un cuerpo. Romero y Rodríguez (2003) referenciando a Koyré señalan:

A través de esta idea, Galileo modifica el estatus ontológico del movimiento: de efecto producido por una causa -el ímpetu- y que existe y se mantiene sólo mientras dura la acción de la causa que lo produce, pasa a ser un ente relativamente independiente que se conserva por sí solo. (pág. 61)

Por tal motivo, es de mucha importancia tener en cuenta la descripción del movimiento como señalan los autores Romero y Rodríguez (2003)

Considerar el movimiento como un estado de un sistema de cuerpos implica que, paralelamente a la identificación del sistema en consideración, es necesario identificar una propiedad variable a través de la cual se dé cuenta de los diferentes estados de movimiento que puede llegar a tener un cuerpo. Esta posibilidad, igualmente, ya está presente en el lenguaje a muy tempranas edades: cuando nos referimos al movimiento de un cuerpo hablamos de qué tan rápido o lento se mueve dicho cuerpo; esto pone en evidencia que para referirnos al movimiento identificamos una cierta cualidad susceptible de tener grados, que da cuenta del estado de movimiento de los cuerpos: el grado de velocidad. (pág. 60)

Siguiendo con la descripción del diálogo de Galileo, se plantea que: Simplicio teniendo en cuenta que en cada intervalo de tiempo hay infinitos instantes, no está de acuerdo con la hipótesis de Salviati, ya que, si los intervalos o grados de lentitud son infinitos, nunca se llegará al estado de reposo.

Salviati respondiendo a esto, dice:

Si el móvil permaneciera durante cierto tiempo en cada grado de velocidad; lo que ocurre simplemente es que pasa sin emplear más de un instante. Y puesto que en cualquier intervalo de tiempo, por muy pequeño que sea, hay infinitos instantes, éstos serán siempre suficientes para corresponder a los infinitos grados con los que puede ir disminuyendo la velocidad (Galileo, 1638, pág. 3).

Sagredo de esto concluye que sería la explicación a la aceleración del movimiento, ya que si lanzamos un cuerpo hacia arriba en oposición a la gravedad esa fuerza ejercida va disminuyendo y cuando el cuerpo llega a un estado de reposo, el impulso sobre el objeto empieza a disminuir siendo esta fuerza superada por la gravedad, por lo que el cuerpo desciende.

Simplicio afirma que este suceso es ideal ya que solo funciona para este caso en específico, a lo que Sagredo responde que no existe diferencia ya que, en el caso de los proyectiles, la fuerza del proyectil pueda superar la resistencia del peso equilibrando estas dos fuerzas y de esta manera el cuerpo puede quedar sostenido, es decir que desde que el objeto no tenga una fuerza opuesta a la de la gravedad, el caso no es ideal.

1.2 Sobre el movimiento en planos inclinados

Galileo busca estudiar el movimiento de los cuerpos, sin embargo, una dificultad que se encontró a la hora de describir la caída de los cuerpos es que la velocidad aumenta muy rápido y no había instrumentos que midieran tal velocidad con precisión, por lo que Galileo buscando despreciar la gravedad, decidió trabajar con planos inclinados midiendo el tiempo en el que tardan en caer las esferas a ciertas distancias determinadas.



Figura 2. Plano inclinado de Galileo. <https://bestiariotopologico.blogspot.com/2016/08/galileo-galilei-y-su-ley-de-caida-libre.html>

Los planos con la mínima inclinación son los que permiten mediciones más precisas, ya que son los que más “diluyen” el efecto de la gravedad y propician una velocidad de caída más lenta, siempre, claro está, que se minimice el rozamiento o el efecto de cualquier otro factor que pueda interferir. Pero para poderlo hacer, debía estar seguro de que la caída por planos inclinados tiene propiedades equivalentes a la caída libre, aunque se haya “diluido” el efecto de la gravedad (Pérez, J, 2015)

De esta manera Galileo manifiesta por medio de los planos inclinados que los cuerpos caen con una aceleración constante o que cuerpos ideales sobre los que no actúan fuerzas de fricción o ningún otro factor que interfiera en la caída recorrerá al caer una distancia que aumenta con el cuadrado del tiempo transcurrido.

Llegó a esta afirmación con la ayuda de un tablón de una superficie bien pulida y engrasada con el fin de que la esfera cayera sin la mayor dificultad y variando el ángulo de inclinación (observando que la rapidez con la que bajan las esferas aumentaba al inclinar más el plano) y realizando marcas desde la distancia en la que se dejaría rodar la esfera. Mientras tanto desde el inicio de la caída del objeto Galileo abría una llave de agua y la cerraba al caer la esfera, el agua caía en una vasija, también tocaba el laúd que es un instrumento de cuerda parecido a una guitarra durante el recorrido, analizando y tomando apuntes de los respectivos tiempos. Realizó esta operación muchas veces y así, plantea que el movimiento de la bola se puede descomponer en horizontal y en vertical, los dos son acelerados uniformemente, es decir que la velocidad con que llega al suelo es proporcional al tiempo.

La velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado no depende de la inclinación del plano, sino de la altura que descarga el cuerpo que se deja caer. Esta idea la extrajo Galileo de un experimento con un péndulo:

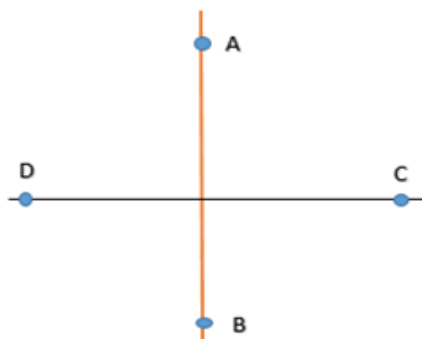


Figura 3. Sobre el movimiento péndulo (Adaptado de Galileo, 1638, pág. 7)

En la figura 3 se tiene un hilo atado de manera vertical a una pared que va desde el punto inicial A hasta B donde se encuentra una bola, y se traza una línea perpendicular CD.

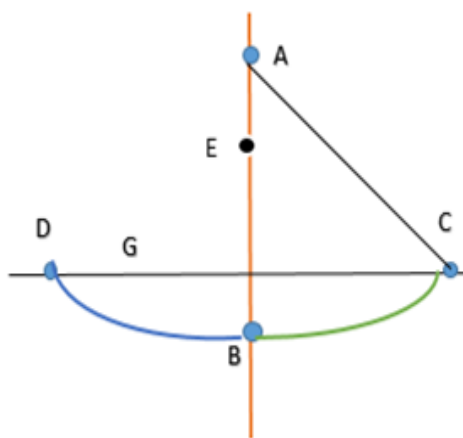


Figura 4. Sobre el movimiento del péndulo (Adaptado de Galileo, 1638, pág. 7)

Si llevamos el hilo hasta el punto AC y lo soltamos, este llegará hasta B y pasando a B, llegará finalmente al punto D o un poco menos a D (si hay resistencia) y así podemos concluir que el impulso que había adquirido la bola en el punto B, al recorrer el arco CB, fue suficiente como para recorrer también el arco BD hasta alcanzar la misma altura, este proceso se realizó varias veces obteniendo siempre el mismo resultado (Ver figura 4).

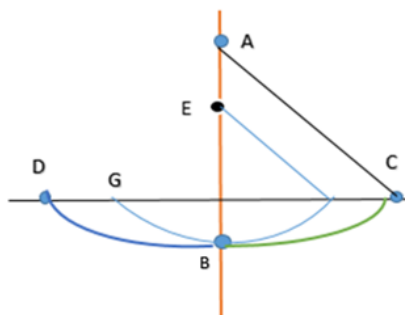


Figura 5. Sobre el movimiento del péndulo (Adaptado de Galileo, 1638, pág. 7)

Ahora como se observa en la figura 5 se pone una puntilla en la pared que sobresale y que corresponde al punto E, nuevamente se lleva la bola al punto AC y se deja caer libremente, una vez que haya llegado al punto B este chocará con la puntilla E (como centro) y se verá obligado a recorrer BG dando cuenta así nuevamente de que las alturas son iguales.

Con este experimento podemos concluir que la intensidad de la velocidad con la que el objeto cae libremente, por ejemplo desde CB, le alcanza para hacer un mismo recorrido, BD, con la misma intensidad; lo mismo pasó cuando el hilo chocó con la puntilla logrando un recorrido BG con la misma intensidad de velocidad, esto aplica para cualquier distancia a excepción de una muy cerca por ejemplo al punto B donde el hilo ya se enroscaría.

Salviati aprueba el experimento, pero aun con la inquietud de que no pasaría lo mismo en el caso de los planos inclinados ya que si intentamos hacer el diagrama anterior con planos inclinados la bola en el punto B chocaría y perdería el impulso.

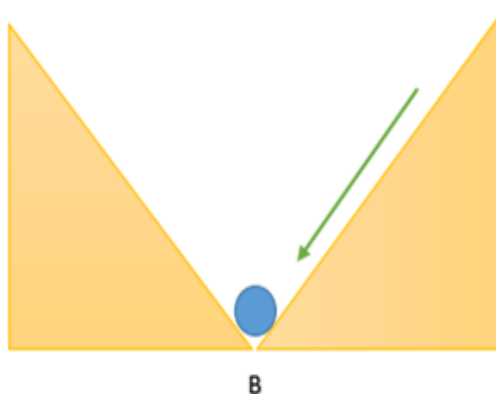


Figura 6. Sobre la intensidad de la velocidad en los planos inclinados. (Elaboración propia)

El trabajo con los planos inclinados le permitió a Galileo estudiar el movimiento del cuerpo que cae desde alturas específicas y descubrió dos hechos primordiales: que la velocidad crece con el tiempo y que, independientemente del peso de los objetos, el efecto de la gravedad es siempre igual.

Una de las principales características de Galileo fue que usó su intuición para probar sus hipótesis, elaborando experimentos que se lograron repetir con magnitudes que cualquiera pudiera medir. Galileo fue precursor de los experimentos cuantitativos por medio de resultados que se podían analizar matemáticamente.

Es decir que:

Si se ignoran las sucesivas pérdidas de impulso debidas al rozamiento, en ambas direcciones la bola pasa a la misma velocidad por el punto más bajo de su trayectoria, independientemente del plano, o sea que un plano cada vez más y más inclinado con una pendiente cada vez mayor, la bola siempre llegaría al punto más bajo a la misma velocidad. Pues bien, esa inclinación del plano llevado al extremo sería como dejar caer la bola en caída libre; también llegaría la bola al punto más bajo a la misma velocidad. (Pérez, 2015)

Por otro lado, Galileo pudo evidenciar más cosas a través de los experimentos del plano inclinado; y se puso a pensar qué sucedería si un segundo plano inclinado tuviera cada vez menos pendiente. Cuanto menor fuera dicha pendiente, la bola tendría que rodar más lejos para llegar a su altura inicial. Si el segundo plano fuera horizontal, y no existiera rozamiento, la bola rodaría eternamente hacia el horizonte (Gribbin, 2003, pág. 125).

1.3 Los grados de velocidad en el movimiento de caída

La velocidad instantánea es uno de los aspectos más importantes en la descripción del movimiento de los cuerpos, teniendo como puntos de referencia la posición y el desplazamiento asumidos como funciones del tiempo, como primera medida cabe resaltar que entendemos el movimiento como el cambio de lugar de un cuerpo y para realizar una formalización más profunda de dicho suceso se debe tener en cuenta el tiempo empleado.

Como dicen Romero y Rodríguez (2003):

Cuando se hace referencia al movimiento de un cuerpo se considera intuitivamente que en cada instante el cuerpo tiene un valor de velocidad determinado; no obstante, el uso de lapsos de tiempo finitos (aunque pequeños), presentes en el paso al límite de la definición, no se corresponden con esta noción de instantaneidad, dado que lo que se tiene son lapsos de tiempo duraciones, no instantes. (pág. 60)

Se podría pensar que para poder calcular la velocidad instantánea basta con determinar el cambio de posición y los tiempos obtenidos en estos cambios, pero esta no es la manera que permite dar cuenta de la velocidad instantánea ya que de esta forma solo se podría medir la velocidad media en un lapso de tiempo, además de que no se dispone de una escala exacta para determinar cuándo un valor determinado de velocidad es la mitad o el triple, etc., de otro marco de referencia.

Salviati decía que una piedra que cae partiendo desde el estado de reposo no va adquirir más velocidad que aquella que va aumentando siempre de la misma manera, de modo que, si el móvil continuara en su movimiento según el grado de intensidad de velocidad adquirido en la primera fracción de tiempo y prosiguiera uniformemente con tal grado, este movimiento sería dos veces más lento que el que obtendría con el grado de velocidad adquirido en dos fracciones de tiempo (Galileo, pág. 276-277).

Galileo daba gran importancia a los grados de velocidad para describir el movimiento de los cuerpos, estos grados se podrían denominar como grados de rapidez o lentitud que adquiere un cuerpo. Por una parte, robustece la idea de que el reposo se puede considerar como un estado más del movimiento: el estado de lentitud infinita, ya que cuando un cuerpo pasa del estado de reposo (grado cero) a otro estado de movimiento, este tiene que pasar por todos los infinitos grados de movimientos intermedios; también dice que no es del todo incorrecto pensar que un cuerpo pasa por infinitos grados de velocidad en un tiempo límite, entonces se considera que a cada instante del transcurso del movimiento le corresponde un único grado de velocidad, de tal manera que estados de movimiento diferentes corresponden a grados de velocidad diferentes.

A partir de esta proposición “*el grado de velocidad en la caída aumenta desde el reposo en forma proporcional al tiempo transcurrido*”, Galileo hace uso de una representación como la que se expone en la figura 7:

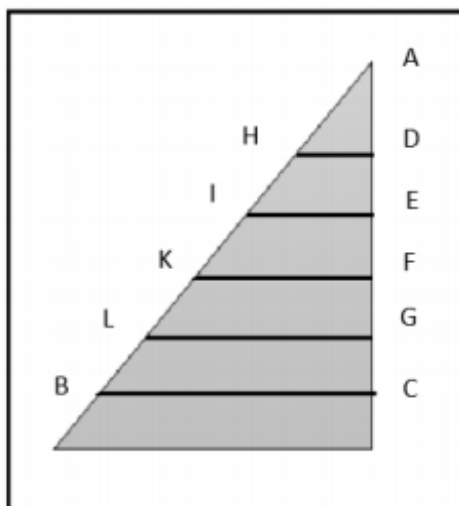


Figura 7. Representación de los grados de velocidad instantáneos de un cuerpo en caída. Fuente: Consideraciones y demostraciones sobre dos nuevas ciencias. (Romero & Rodríguez, 2002, pág. 63)

De A hasta C se representa el tiempo, en cada instante de la caída de un cuerpo y para describir su proporcionalidad divide en segmentos iguales cada tiempo y los grados de velocidad son definidos por semirrectas horizontales. Es decir que en este movimiento el cuerpo tiene que pasar obligatoriamente por cada grado infinito de velocidad que precedían al pasar al siguiente grado, por lo que se podrían agregar más semirrectas menores horizontales, cuya infinidad de líneas representará finalmente la superficie del triángulo ADH.

Esta representación de Galileo, la velocidad y el tiempo, que son magnitudes no geométricas, se presentan como segmentos y las proporciones entre estos dan cuenta de la manera como cambia la velocidad. Esta forma de representación posiblemente facilitaría el abordaje de estos dos conceptos en el aula, además de poder obtener resultados a partir de diferentes situaciones.

De acuerdo con lo que argumenta Moreno (2020, pág. 59) será necesario afinar esas representaciones para que posibiliten comparar el movimiento de diferentes cuerpos o comparar el movimiento del mismo cuerpo en diferentes momentos. Entonces la representación con segmentos de línea o en el plano cartesiano se vuelvan necesarias. Esto llevará a que se empiece a involucrar y establecer formas de cuantificación.

CAPÍTULO 3

ELABORACIÓN DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA

Una unidad didáctica es una propuesta de trabajo ligado a un proceso de enseñanza aprendizaje, es decir que parte desde un objeto de aprendizaje hasta la verificación del propósito de ese aprendizaje.

Una unidad didáctica tiene el propósito de plantear cómo y qué se va a enseñar, algo que no es tarea fácil y más teniendo en cuenta que muchas veces por cuestión de cantidad de temáticas y por tiempos impartidos no se profundiza mucho en el objetivo de la enseñanza, o muchas veces los objetivos inicialmente propuestos no logran su finalidad, este aspecto lastimosamente nos aparta de las expectativas que como docentes tenemos. En este marco y como lo indica Sanmartí, (2005, pág. 14) la unidad didáctica adquiere un papel central en el proceso de enseñanza aprendizaje y, consecuentemente, el diseño y la elección de unidades didácticas no debería hacerse de forma improvisada y rutinaria, sino de modo ampliamente planificado y justificado. El docente que queremos ser se concreta en esta actividad de planificación a la que no solemos dar suficiente importancia Sanmartí, (2005, pág. 14).

Teniendo esto en cuenta, el diseño de unidades didácticas es un gran reto para el docente ya que debe planificar detalladamente y realizar propuestas que concuerden con tiempos establecidos, espacios propicios y objetivos pertinentes y sobre todo alcanzables. También como experiencia propia mencionaré que los profesores no reciben ningún tipo de capacitación o pautas para realizar una unidad didáctica, muchas veces se tiene que investigar de manera personal y con tiempo extra al de la jornada escolar. Por otra parte, la adquisición fácil de material didáctico para impartir las clases hace que no sea necesaria la construcción de unidades didácticas, solo basta con apegarse a un libro, guía o taller ya establecido. Sin embargo, el contenido de estos textos plantea de manera ideal el proceso de enseñanza y aprendizaje que se da en el aula, se desconoce el contexto de la clase y de los estudiantes y no contempla un análisis del proceso de selección de aquello que se va a enseñar, ni las estrategias que sean más propicias.

Una unidad didáctica se organiza muchas veces bajo parámetros universales, pues se espera que todos los estudiantes entiendan de la misma manera y en el mismo orden de ideas; sin embargo, la realidad es totalmente diferente, puesto que algunos estudiantes pueden manifestar dificultades en

algún momento de la propuesta y es allí donde el docente debe reelaborar y plantear soluciones al respecto, lo que requiere más trabajo para él. Ahora, nada asegura de que con la implementación de una unidad didáctica se obtengan los resultados que buscamos, ya que en este proceso tan complejo de enseñanza-aprendizaje existen muchos factores que no se pueden predecir, por eso es importante tener criterios claros y orientadores planteados desde la disciplina, en este caso la física y la didáctica de las ciencias, para el diseño de una unidad didáctica.

Los docentes a la hora de elaborar una unidad didáctica deben de tomar decisiones precisas, basándose en lo que desea enseñar. Sanmartí (2005) propone algunos criterios, cabe mencionar que aunque parezca que este orden de lineamientos es el correcto, puede que no sea así, ya que algunas veces se le da prioridad a los contenidos o actividades por encima de los objetivos planteados o las actividades de evaluación no se relaciona con el objetivo inicial, lo que quiere decir que a veces se puede perder el rumbo que se pretendía para la unidad didáctica esto debido a factores como: el contexto, los conocimientos previos y dificultades de los estudiantes, el tiempo dedicado a las actividades, si existe o no el espacio adecuado para la ejecución de las actividades, entre otros. Estos criterios son para (Sanmartí, 2005, p.17): la definición de finalidades/objetivos, la selección de contenidos, organizar y secuenciar los contenidos, la selección y secuenciación de actividades, la selección y secuenciación de las actividades de evaluación; y para la organización y gestión del aula.



Figura 8. Criterios para la elaboración de una unidad didáctica. Elaboración propia.

1. Criterios para elaborar los objetivos específicos

Cuando se está elaborando una unidad didáctica se debe pensar primeramente en lo que se quiere enseñar y cuáles son las actividades pertinentes para dicha explicación, ya con esto se pueden empezar a detallar los objetivos específicos, teniendo presente la malla curricular del centro educativo, precisando el contexto y los conocimientos previos. Sin embargo, los objetivos deberían de pensarse con base a las dificultades que están presentando los estudiantes con el fin de solventarlos. A modo de ejemplo, el objetivo de una unidad podría ser “analizar el movimiento de caída de diferentes cuerpos”.

Es importante que los objetivos estén en concordancia con el tiempo establecido para su ejecución, ya que muchas veces se establecen muchos objetivos que nunca se llevan a cabo, esto se evidencia más en cuanto a los procesos experimentales, donde se pueden encontrar objetivos de tipo “realizar una tabla de datos del alcance que tiene una esfera lanzada por un proyectil a diferentes ángulos” sin tener un conocimiento a priori o sin dar una pauta para tal finalidad, suponiendo que los estudiantes ya lo saben y sin tener presente que el solo hecho de realizar la tabla de datos requiere su tiempo de aprendizaje.

Por eso es importante resaltar que los objetivos deben ir ligados a la evaluación formativa, como lo menciona Sanmartí (2005, pág. 20), cuando evaluamos los aprendizajes realizados no deberíamos pedir a los alumnos sólo que recuerden nombres de los campos de acción de la física o que describan un fenómeno físico, sin formular al mismo tiempo preguntas como por ejemplo ¿Cuál es el aporte que las leyes de Newton le deja a la ciencia? o ¿Qué ecuaciones son relevantes para el análisis de la caída libre?

Aun sin tener este tipo de preguntas algunos estudiantes logran pasar sus evaluaciones debido a que comprenden lo que el profesor desea lograr, así se haya desviado de los objetivos iniciales, pero un buen logro de enseñanza-aprendizaje es cuando los objetivos del estudiante y el profesor coinciden.

Los objetivos específicos en una unidad didáctica no deberían pasar desapercibidos ya que como hemos mencionamos de la elaboración de estos, depende la efectividad de la enseñanza de los estudiantes. Para redactar los objetivos específicos se debe pensar en qué es lo que el estudiante al terminar la unidad didáctica tendría que lograr, cuáles son las capacidades que se espera logre el

estudiante para realizar la unidad didáctica de manera satisfactoria, si estará en la capacidad de explicar, analizar, deducir, justificar, identificar, en este caso el movimiento de los cuerpos y si con base en esto analiza el tipo de movimiento a través de mediciones, puntos de referencia, etc.

2. Criterios para la selección de contenidos

Los contenidos en una unidad didáctica no son fáciles de seleccionar ya que se debe pensar en qué características deben tener, además de contar con que cada vez el tiempo para la enseñanza en el aula es menor, por lo que casi siempre se escogen los temas más relevantes para dichos contenidos.

Según Sanmartí, (2005) una manera posible de estructurar los contenidos a trabajar en la escuela sería a través de modelos teóricos. Un modelo teórico agrupa un conjunto de "saberes": sub modelos y conceptos diversos, fenómenos, experimentos, instrumentos y técnicas, relaciones, analogías, proposiciones, cálculos y algoritmos, imágenes, ejemplos de problemas, formas de hablar y escribir, valores, etc. (Sanmartí, 2005, pág. 23).

Es importante saber que los contenidos deben ir de acuerdo a cada grado de escolaridad, que a mayor grado se va aumentando su complejidad, aunque los estudiantes tengan unos conocimientos previos o su propia opinión respecto algún concepto, estos se fortalecerán por los nuevos conceptos, ejercicios o experiencias abordadas. Por otro lado, la idea no es que todos los estudiantes aprendan lo mismo y de la misma manera ya que como se sabe esto no ocurre, entonces lo ideal es iniciar desde el punto de partida de cada estudiante, realizando también un trabajo a nivel de grupo, donde por medio de la diversidad de conocimientos se puedan obtener mejores resultados. Por lo que el éxito de una unidad didáctica depende mucho de la habilidad del docente y la disposición de los estudiantes. Para esto Sanmartí (2005, pág. 23-26) propone dos aspectos que deben tenerse en cuenta:

1. ¿Qué tipos de contenidos?

Se puede notar que la selección de contenidos debe ir más allá de solo operaciones numéricas, teorías y conceptos para la resolución de problemas, los contenidos deben servir de apoyo para aquello que el profesor considera que debe enseñar, en este caso sobre el movimiento a partir del estudio del trabajo de Galileo, además de esto los contenidos de aplicación experimental son de

mucha importancia y no se deben dejar de lado ya que permite analizar, comprobar y concluir a partir de la toma de datos.

2. Relaciones entre la "ciencia de los científicos" y la "ciencia escolar":

Los modelos de la ciencia en algunas ocasiones no son propios de un solo autor, sino que son complementos de postulaciones o teorías de uno o varios autores, que además fueron pensadas y modificadas de manera didáctica para poderlas enseñar. Es así como de alguna forma se obtiene un tipo de ciencia escolar, con un modelo que está relacionado con lo científico y también con diferentes maneras de operar, analogías y formas de observar los fenómenos que van más allá del sentido común; es decir, a simple vista podemos observar que un objeto se mueve, pero no sabemos cómo es el movimiento que presenta ese objeto, si su movimiento es uniformemente acelerado o no, de aquí la importancia del papel de la ciencia para la construcción de conocimiento.

3. Criterios para organizar y secuenciar los contenidos

En la organización de una unidad didáctica se deben de escoger los temas a abordar e identificar los tiempos requeridos para las actividades a realizar, con base a los objetivos propuestos. Por ejemplo, en el caso de la caída de los cuerpos, esta es una temática que tomará más de una sesión de clase, ya que se deben abordar conceptos importantes, ejemplificar los diferentes tipos de movimientos, relacionarlos con la vida diaria, hacer laboratorios experimentales, mediciones, tomar datos, analizar y concluir; cada una de estas actividades debe tener una preparación y un tiempo que sea acorde para alcanzar a realizarse, además de tener en cuenta algunas dificultades que se puedan presentar como que algunos estudiantes necesitan más tiempo de explicación de un concepto para comprender el tema.

Un concepto se puede llevar a varios contextos motivando al estudiante a aprender, ya que al poner ejemplos con los que tienen relación directa encuentran más sentido a lo que estén aprendiendo, es más, se podría asegurar que, desde ese punto, los estudiantes indagan y participan más, basándose en sus propias experiencias. Por lo que la selección de conceptos es algo que se debe considerar como primordial.

Sanmartín (2005, pág. 29) señala que a partir de un concepto se generan preguntas, que a su vez permiten crear hipótesis del problema y de las posibles soluciones al suceso y esto se da a través de una ordenación o secuencia que les permite a los estudiantes aprender.

Siempre hemos estado acostumbrados a que el aprendizaje está medido por secuencias, por ejemplo, si observamos cualquier libro nos damos cuenta de que éste tiene un lineamiento de contenidos conforme a su grado de complejidad, por ilustrar un caso, se encuentra que primero se debe comprender el concepto de magnetismo y electricidad para finalmente entender el de electromagnetismo, esta ordenación debe tener argumentos válidos que tengan sentido tanto para el docente como para el estudiante, donde el punto de partida del estudiante le permita el entendimiento de estos conceptos y construir otros nuevos.

4. Criterios para la selección y secuenciación de actividades

Las actividades permiten que el estudiante explore nuevos conocimientos que no imaginaba, inclusive las actividades son tan importantes que de allí se derivan los objetivos, por lo que una planeación didáctica debería estar más ligada a una lista de actividades y no de contenidos, pero no deben ser cualquier actividades sino unas organizadas y secuenciadas que permitan la interacción directa entre el docente y el estudiante, a partir de conocimientos previos.

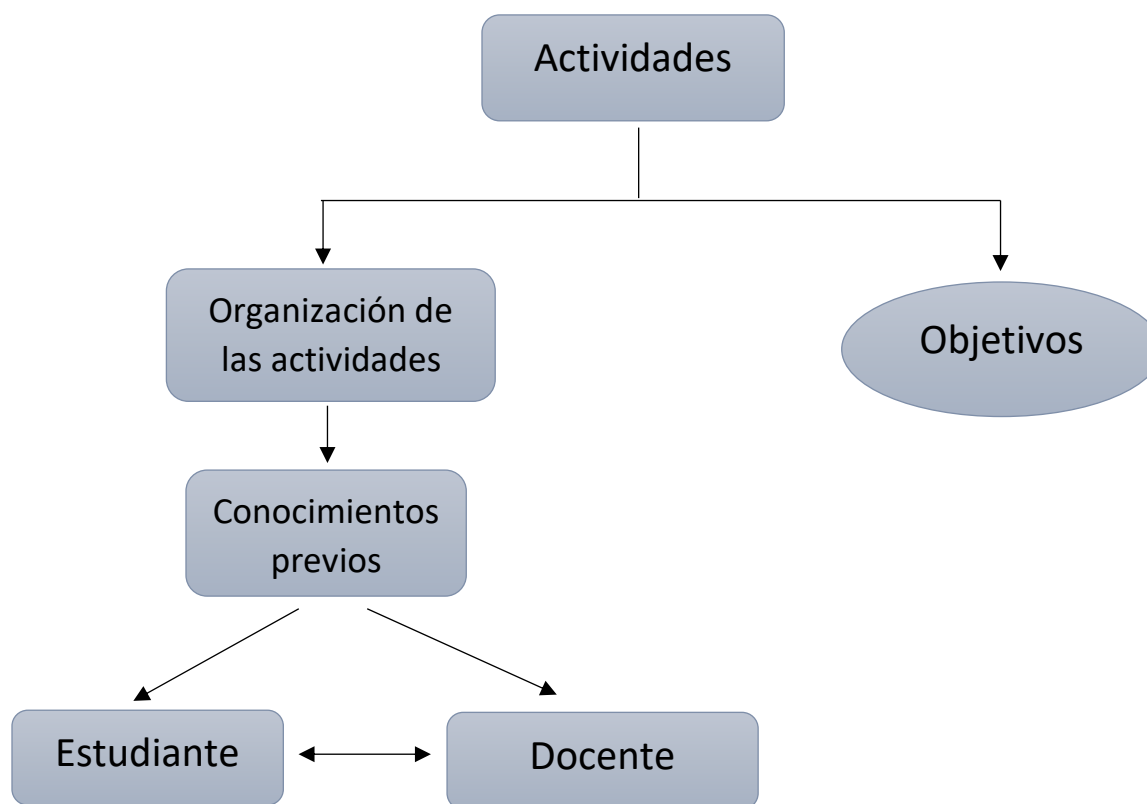


Figura 9. Sobre la secuencia de actividades. Elaboración propia

Cabe aclarar que la selección y secuenciación de las actividades es algo autónomo del docente según sus criterios, que en algunas ocasiones termina siendo lecturas de textos y preguntas que no se planifican con detenimiento de acuerdo a los objetivos; realización de prácticas sin tener en cuenta en ocasiones qué es lo que se espera que el estudiante observe y operaciones demostrativas que se realizan de forma mecánica. Según Sanmartí (2005, pág.37) en ese sentido, se confiere muy poco valor a la actividad de los alumnos con respecto a su aprendizaje y un rol principal al papel del profesor. Sin embargo, la innovación en el campo de los diseños didácticos para enseñar ciencias y matemáticas implica revisar a fondo cuáles son los protagonistas de las actividades, y pasar de una enseñanza centrada en el profesorado a otra centrada en los que aprenden.

Sin embargo, Sanmartí (2005, pág. 38-41) menciona que las diferentes propuestas tienen algo en común, como son:

1. Las actividades iniciales, que es donde se realiza un análisis de todos los puntos de vista, intereses, formas de interpretar que tienen los estudiantes.

2. Actividades introductorias teniendo en cuenta obstáculos que se pueden presentar y con distintas maneras de formulación de situaciones, donde se busca que el estudiante identifique varias opciones de solucionar problemas, de entender conceptos y adquirir conocimiento, apoyándose en prácticas y comparaciones de los resultados para crear hipótesis y retroalimentarse también de manera grupal.

3. Actividades de síntesis y de elaboración de conclusiones, donde es importante que a medida que se va realizando las actividades el estudiante explique qué está comprendiendo, cuáles son las nuevas nociones que tiene en relación a su punto de vista inicial, elaborando de esta manera una reestructuración de diferentes formas de solución de situaciones y sacando conclusiones respecto a lo planteado inicialmente.

4. Actividades de aplicación en diferentes contextos, estas actividades son de mucha importancia ya que se busca que los estudiantes se planteen nuevas problemáticas o que quieran realizar nuevas exploraciones para comprender más a profundidad fenómenos diferentes a los iniciales, porque son más complejos o no son abordados aún.

5. Criterios para la selección y secuenciación de las actividades de evaluación

Dentro del aula tanto los estudiantes como los docentes están en constante evaluación, los estudiantes se autoevalúan dependiendo a lo aprendido y, los docentes evalúan lo que pasa en las clases de acuerdo al proceso de sus alumnos en cuanto a la manera como razonan y piensan. Esta parte de la evaluación es la que permite dar cuenta de cuáles son las fortalezas y falencias de la planeación abordada, por este motivo se puede afirmar que enseñar, aprender y evaluar son en realidad tres procesos inseparables.

Para realizar una evaluación que sea coherente con el proceso, como lo resalta Sanmartí (2005, pág. 44-46), se deben tener presentes algunas evaluaciones importantes:

1. Evaluación inicial, sirve para que el estudiante dé cuenta de su punto de vista hacia algún tema en específico, es decir, su grado conocimiento y contribuye al docente para darse cuenta del contexto en el que se encuentra, para así diseñar actividades en pro del alumno y del grupo en general.

2. Evaluación formativa, esta permite dar cuenta a los docentes sobre las dificultades que los estudiantes tienen durante su proceso de aprendizaje y permite dar cuenta a los estudiantes de cuáles son sus obstáculos, buscando alternativas de ambas partes para solucionar estas falencias, priorizando los objetivos encomendados. De aquí la importancia de hacer una revisión constante del trabajo.

3. Evaluación final o sumativa, indica los resultados obtenidos, donde los estudiantes y docentes analizan el trabajo realizado, la ejecución y planeación del diseño de la unidad didáctica abordada, cabe resaltar que esta evaluación final es para analizar todo el proceso de enseñanza aprendizaje y es diferente a la que se hace para dar una nota final al estudiante.

6. Criterios para la organización y gestión del aula

Es aquí donde se debe tener en consideración el grupo de trabajo, el espacio o ambientes para realizar las actividades, además de los tiempos para su ejecución, favoreciendo a la comunidad del aula, respetando la verbalización de las propias formas de pensar, ya sea de manera individual o grupal, ya que la parte social es importante para el desarrollo del estudiante, muchas veces se presentan situaciones en el aula donde un error es motivo de burla o de discusión, esto es algo que

no se debe permitir, sino más bien convertir el error en algo positivo para aprender ya que si no se percata de este enorme problema, a futuro ningún estudiante querrá participar y sus opiniones no serán pronunciadas.

Para obtener un buen trabajo en grupo donde todos estén activos y contribuyan, es necesario hacerlo a partir de trabajos individuales donde cada integrante anexe su parte correspondiente y finalmente todo sea socializado de manera grupal.

También es propicio dar a los estudiantes tiempo para pensar una pregunta propuesta por el docente, que como lo hemos mencionado anteriormente no todos lo hacen de manera inmediata, muchas veces el docente formula una pregunta e inmediatamente alguien la contesta o hasta el mismo profesor lo hace, descartando esta posibilidad de análisis para los demás.

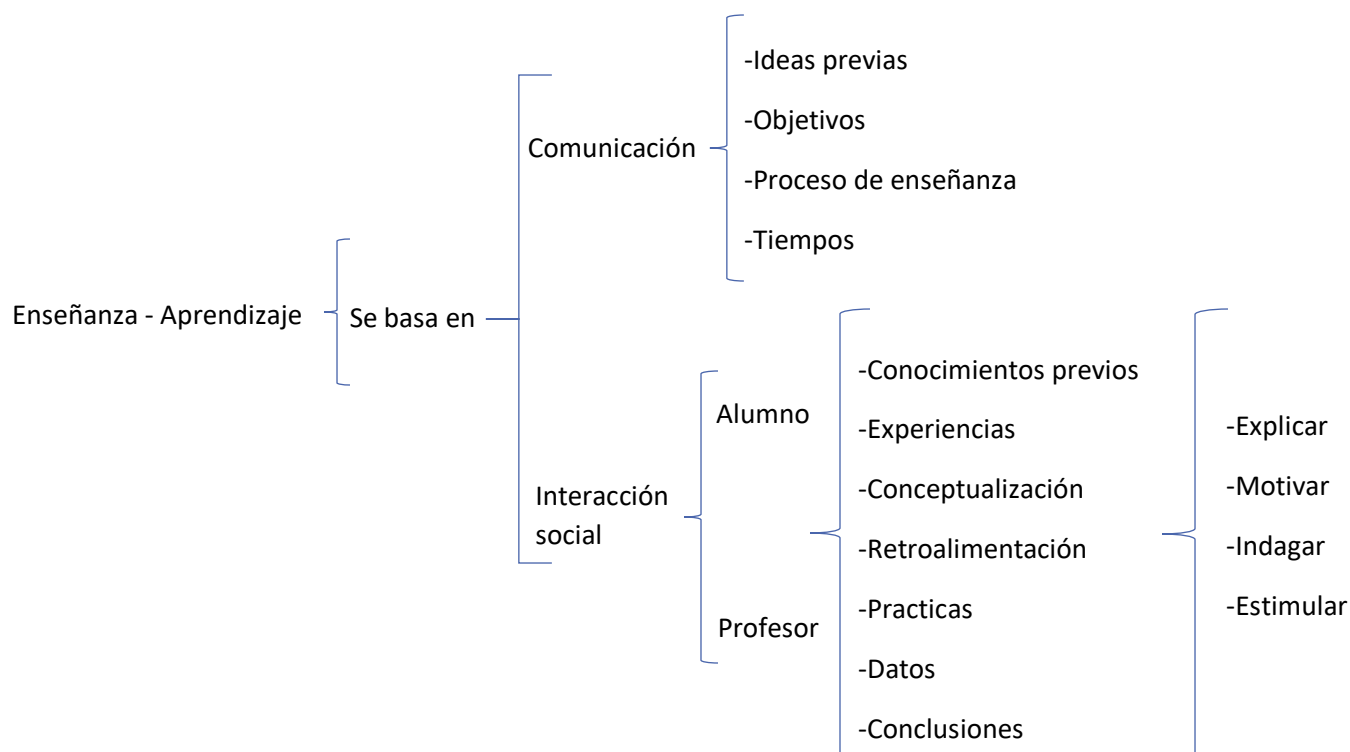


Figura 10. Organización y gestión del aula. Elaboración propia

Con lo anterior expuesto, este trabajo de grado propone como primera parte de una unidad didáctica la evaluación inicial para dar cuenta de los conocimientos previos que tiene los estudiantes. Luego plantear los objetivos que se van a orientar cada etapa de la unidad y con base

en éstos se seleccionan los contenidos que son pertinentes, en este caso, para poder realizar una descripción del fenómeno de la caída libre y se seleccionan qué actividades son relevantes para su comprensión, analizando tiempos y espacios adecuados para su ejecución; es decir, creando una organización de todo el material. Durante este proceso se propone realizar la evaluación formativa para dar cuenta de que se esté llevando acciones para cumplir con el objetivo inicialmente propuesto y reconocer qué dificultades se presentan. Al final del proceso se propone realizar una retroalimentación de manera individual y también del grupo de clase y de esta manera poder realizar la evaluación final que es la que indica cómo fue todo el proceso de enseñanza-aprendizaje tanto del alumno como del profesor y de la unidad didáctica.

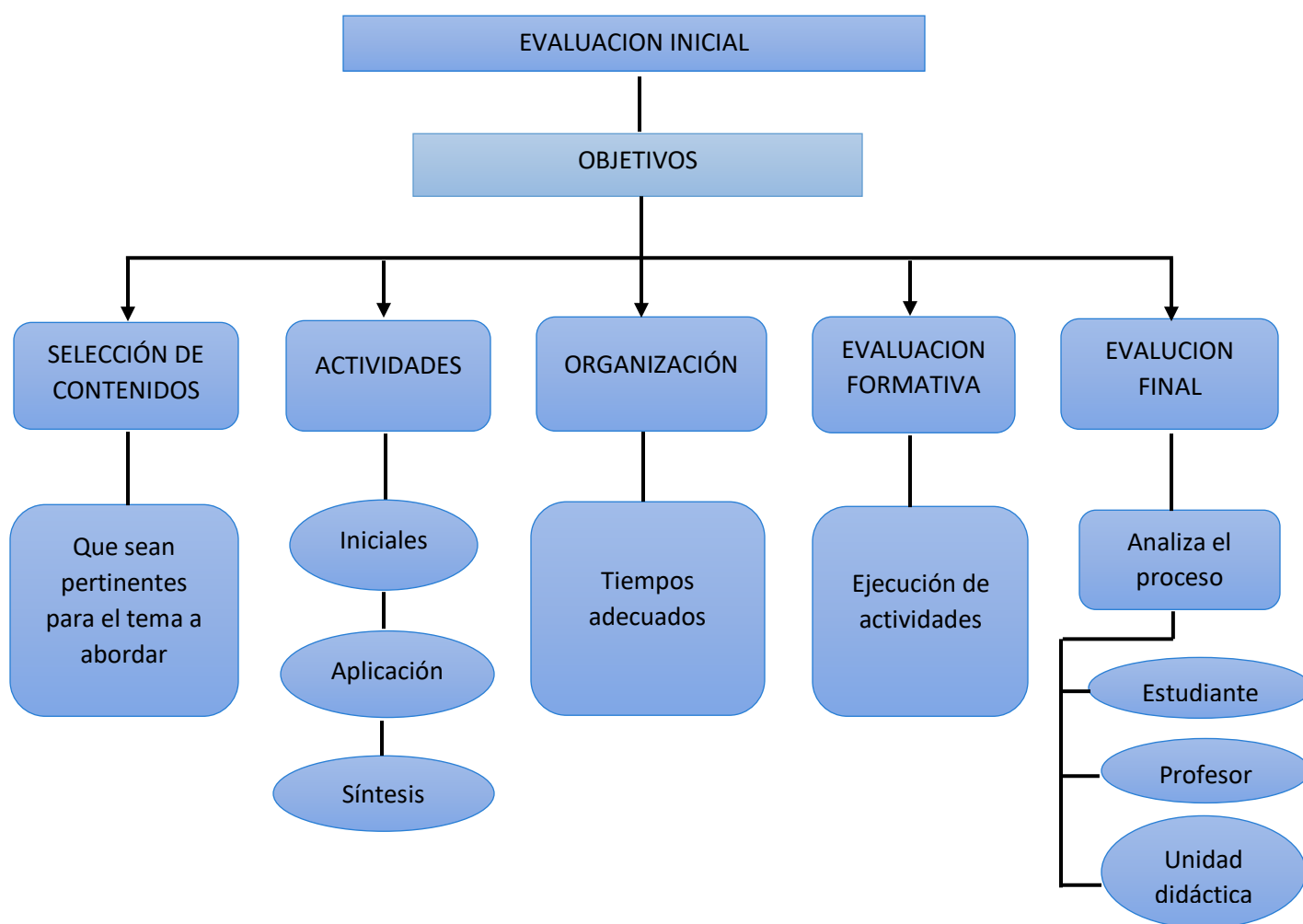


Figura 11. Pautas para la elaboración de la unidad didáctica. Elaboración propia.

CAPÍTULO 4

MOVIMIENTO DE UN CUERPO SOBRE UN PLANO INCLINADO

En esta unidad didáctica se aborda el fenómeno de la caída de los cuerpos. El propósito de esta unidad es que los estudiantes puedan realizar una caracterización y descripción del movimiento de los cuerpos sobre planos inclinados, desde una perspectiva analítica y experimental, teniendo como base el trabajo realizado por Galileo Galilei en la tercera jornada de su obra *“Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Jornada tercera: sobre el movimiento naturalmente acelerado”*, donde los estudiantes de grado décimo puedan identificar qué son los planos inclinados, cómo es el movimiento de los objetos (en este caso esferas) al rodar por planos inclinados, si hay o no una variación de ese movimiento al hacer la experiencia con esferas de diferente peso y a diferentes distancias e inclinaciones de los planos.

1. Elementos orientadores para el diseño de una unidad didáctica sobre el movimiento de un cuerpo sobre planos inclinados

En la primera parte de esta unidad se propone que los estudiantes por medio de unas breves preguntas expresen sus conocimientos previos sobre el tema, estas preguntas se socializan al final de la unidad, cuando los estudiantes hayan realizado todas las prácticas propuestas y hayan estudiado como tal el movimiento para este caso, esto con el fin de hacer un análisis de todo lo aprendido, es decir una comparación de los conocimientos iniciales y los conocimientos obtenidos durante la unidad didáctica. Posterior a esto se realiza una lectura sobre el trabajo de Galileo para ir contextualizando a los estudiantes respecto a el movimiento de un cuerpo sobre planos inclinados. Cabe resaltar que durante la unidad didáctica se propone el abordaje de más lecturas de este trabajo.

Para la descripción de la caída de los cuerpos sobre planos inclinados, se propone propiciar algunas experiencias dirigidas a los estudiantes, como la elaboración de un plano inclinado (que permita variar su grado de inclinación) esto con el fin de conocer e identificar el movimiento de una esfera sobre éste, ejercitar la motricidad y tener la experiencia de estudiar el movimiento. Luego se propone que los estudiantes tomen los tiempos de las esferas con diferentes pesos

teniendo variaciones en las distancias, esto con el objetivo de que puedan ir indagando si existe una relación entre distancias y tiempos; además de ir modificando el grado de inclinación del plano para averiguar si éste genera variación en la velocidad del cuerpo y en el tiempo de llegada de la esfera. A continuación se propone otra experiencia, que es la elaboración de un péndulo para investigar si la velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado no depende de la inclinación del plano, sino de la altura desde donde se deja caer el cuerpo. Se espera que los estudiantes finalmente a través de las experiencias, las lecturas, las preguntas, la recolección y registro de datos, puedan elaborar conclusiones de todo lo observado y los resultados obtenidos.

1.1 Elementos que orientan el estudio del movimiento en la unidad didáctica desde el estudio del trabajo de Galileo Galilei

- Galileo realizó un experimento que consistía en dejar caer una esfera de plomo sobre un plano inclinado desde diferentes alturas e inclinaciones, para retardar la caída y poder estudiar las relaciones entre espacios y tiempos recorridos.
- Galileo pensó en ignorar el efecto de la gravedad, utilizando planos inclinados y esferas de plomo, midiendo el tiempo que tardaban en recorrer determinadas distancias.
- Tan pronto el cuerpo deja su punto de reposo alcanza una velocidad que es notable y ésta varía en cada instante que dure caída. Estudiar la manera cómo cambia la velocidad en diferentes caídas permite encontrar la proporcionalidad entre la velocidad y el tiempo en un movimiento acelerado.
- Galileo manifiesta por medio de los planos inclinados que los cuerpos caen con una aceleración constante o que cuerpos sin ningún factor que interfiera en la caída recorrerá al caer una distancia que aumenta con el cuadrado del tiempo transcurrido.
- La velocidad crece con el tiempo y que, independientemente del peso de los objetos, el efecto de la gravedad es siempre igual. Este aspecto es importante porque puede ser común pensar que los cuerpos pesados caen más rápido que los livianos.
- La velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado no depende de la inclinación del plano, sino de la altura desde donde se deja caer el cuerpo.
- El péndulo permite explorar si la velocidad que un cuerpo logra obtener al rodar sobre un plano inclinado depende o no de la altura.

1.2 Preguntas que se van a abordar en la unidad didáctica:

Teniendo en cuenta el estudio realizado al trabajo de Galileo Galilei y pensando en abordar esta temática con estudiantes de décimo grado se propone el abordaje de la unidad didáctica a través de las siguientes preguntas:

Sesión	Pregunta orientadora	Ideas claves	Objetivo	Actividad	Recursos
1	¿Cómo crees que se mueve una esfera sobre un plano inclinado?	Galileo realizó un experimento que consistía en dejar caer una esfera de plomo sobre un plano inclinado desde diferentes alturas e inclinaciones	Analizar sobre el movimiento de un cuerpo a través de planos inclinados	-Introducción al tema -Lectura “Movimiento de un cuerpo a través de un plano inclinado”	Cuestionario Lectura introductoria
2	¿El movimiento de caída de un cuerpo es igual al movimiento de caída de ese cuerpo sobre un plano inclinado? ¿Cómo se mueve una esfera que se deja caer y si ese movimiento es igual o diferente a como se moverá la esfera cuando cae sobre el plano inclinado?	Galileo estudia por medio de los planos inclinados que los cuerpos caen con una aceleración constante o que cuerpos sin ningún factor que interfiera en la caída recorrerá al caer una distancia que aumenta con el cuadrado del tiempo transcurrido	Conocer el trabajo hecho por Galileo con planos inclinados	-Lectura “Trabajo de galileo con planos inclinados” -Elaboración de un plano inclinado	Lectura informativa Cartón liso o madera, tijeras, regla, esferas, silicona, pistola de silicona, cronometro, transportador
3	¿Entre más distancia recorrida por la esfera, su velocidad va aumentando o disminuyendo? ¿Esta relación depende del peso de la esfera?	Galileo pensó en ignorar el efecto de la gravedad, utilizando planos inclinados y esferas de plomo, midiendo el tiempo que tardaban en recorrer determinadas distancias. La velocidad crece con el tiempo y es independientemente del peso de los	Indagar si existe una relación entre distancias y tiempos Determinar si es importante tener en cuenta el peso de la esfera para determinar los cambios de velocidad en la caída.	Registrar los siguientes datos: - Tiempos de la esfera al rodar sobre un plano inclinado - Tiempos en el plano inclinado con esferas de diferentes pesos	Plano inclinado elaborado previamente, esferas de diferentes pesos y cronometro

Sesión	Pregunta orientadora	Ideas claves	Objetivo	Actividad	Recursos
		objetos, el efecto de la gravedad es siempre igual.		Elaborar conclusiones	
4	¿Cómo influye el ángulo de inclinación de un plano inclinado en el movimiento de un objeto?	La velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado cambia en diferentes grados de inclinación	Explorar si al cambiar el grado de inclinación de un plano inclinado hay una variación en la velocidad que adquiere un objeto	-Variar el grado de inclinación del plano inclinado y registrar tiempos de caída. -Calcular la velocidad en intervalos de distancia iguales	Plano inclinado, esferas, cronometro y transportador
5	¿Será que la velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado depende de la altura desde la que se deja caer el cuerpo?	El péndulo permite explorar si la velocidad que un cuerpo logra obtener al rodar sobre un plano inclinado depende o no de la altura La velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado no depende de la inclinación del plano, sino de la altura que descarga el cuerpo que se deja caer.	Explorar a través de la experimentación si la velocidad de un cuerpo rodando por un plano inclinado depende o no de la altura	-Los estudiantes elaboran un péndulo Registrar los tiempos desde diferentes alturas	Cartulina blanca, dos adhesivos de pared, una cuerda delgada pero resistente, una bola, un pliego de cartulina
6	¿A qué conclusiones llegaste después de las experiencias realizadas sobre el movimiento de un cuerpo a través de un plano inclinado?		Demostrar el aprendizaje adquirido a lo largo de las sesiones.	Construir conclusiones a partir de las experiencias realizadas Retroalimentar sus conclusiones con resto del curso	Cuestionario inicial

Tabla 1. Sesiones de la unidad didáctica. Elaboración propia

1.3 Tiempos de la unidad didáctica

Durante la unidad didáctica se desarrollan 6 sesiones cada una de 1 hora de clase (60 minutos) y en cada una de las sesiones se aborda una pregunta en particular que va enlazada a un objetivo y a una actividad que permita alcanzar lo propuesto (Ver tabla 1).

En la primera sesión se aborda la pregunta: ¿Cómo crees que se mueve una esfera sobre un plano inclinado? esta se propone con el fin de que los estudiantes piensen cómo sería el movimiento de un cuerpo a través de un plano inclinado, se realiza una lectura introductoria “*Movimiento de un cuerpo a través de un plano inclinado*” (Galilei, 1638, pág.1), como material de apoyo y un cuestionario corto por lo que se considera que 1 hora de clase es suficiente para lograr el objetivo.

En la segunda sesión se proponen dos preguntas orientadoras: ¿El movimiento de caída de un cuerpo es igual al movimiento de caída de ese cuerpo sobre un plano inclinado? y ¿Cómo se mueve una esfera que se deja caer y si ese movimiento es igual o diferente a como se moverá la esfera cuando cae sobre el plano inclinado? con el desarrollo de estas preguntas se busca que los estudiantes puedan conocer el trabajo hecho por Galileo Galilei con planos inclinados y como material de apoyo, con el acompañamiento del profesor se proporciona la lectura “*Trabajo de Galileo con planos inclinados*” (Galileo, 1638). También los estudiantes podrán realizar su propio plano inclinado teniendo en cuenta las indicaciones dadas, ya que es importante que se familiaricen con el instrumento con el cual se desarrollará la unidad didáctica. Se considera prudencial el tiempo de 1 hora de clase para alcanzar el objetivo ya que este trabajo es en grupo.

La tercera sesión de clase se dirige bajo las siguientes preguntas: ¿Entre más distancia recorrida por la esfera sobre el plano, su velocidad va aumentando o disminuyendo? y ¿Esta relación depende del peso de la esfera? para dar respuesta a estas preguntas se propone a los estudiantes una actividad experimental de toma de tiempos (con esfera de diferentes pesos) y así indagar si existe una relación entre distancias y tiempos y poder decretar si es importante tener en cuenta el peso de la esfera para determinar los cambios de velocidad en la caída. Al ser un trabajo en grupo se considera que 1 hora de clase es sensata para su ejecución.

La cuarta sesión también se propone que sea en grupo y dispone de 1 hora de clase en la cual se busca que los estudiantes exploraren a través de una actividad experimental, si al cambiar el grado de inclinación de un plano inclinado hay una variación en la velocidad que adquiere un objeto, para

esto se propone la pregunta orientadora: ¿Cómo influye el ángulo de inclinación de un plano inclinado en el movimiento de un objeto?

La quinta sesión se basa en la pregunta: ¿Será que la velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado depende de la altura desde la que se deja caer el cuerpo? y se postula con el objetivo de que los estudiantes exploren a través de la experimentación, si la velocidad de un cuerpo rodando por un plano inclinado depende o no de la altura, se estima un tiempo de 1 hora de clase para esta actividad grupal.

Por último, se realiza una sexta sesión en la que se espera que los estudiantes puedan dar respuesta a la pregunta: ¿A qué conclusiones llegaste después de las experiencias realizadas sobre el movimiento de un cuerpo a través de un plano inclinado? y de esta manera demostrar el aprendizaje adquirido a lo largo de las sesiones, el tiempo estipulado es de 1 hora para esta sesión ya que las conclusiones son a nivel individual y grupal, además de que pueden ser socializadas con el resto del curso.

1.4 Cómo se considera la evaluación en esta unidad didáctica:

La evaluación de esta unidad didáctica se fundamenta en actividades planteadas por el profesor que tienen el propósito de que los estudiantes registren, revisen y analicen los datos obtenidos y la información sobre todo el proceso de trabajo. De igual manera se espera que el profesor registre y retroalimente las elaboraciones de los estudiantes, para de esta manera reflexionar sobre los resultados que ha tenido, para el docente y para el curso, haber realizado todo el proceso de elaboración de la unidad didáctica.

En primera medida (sesión 1) y a modo de evaluación inicial se proponen unas preguntas breves a los estudiantes, que sirven para evaluar el contexto y el conocimiento que tienen sobre el movimiento de un cuerpo sobre planos inclinados, aquí el profesor podrá analizar esos saberes y de esta manera puede comprender por dónde y de qué manera se debe encaminar el proceso de enseñanza según las actividades a realizar.

Luego se plantean algunas actividades experimentales (sesiones 2, 3, 4 y 5) donde los estudiantes pueden tomar nota de tiempos y distancias variando el peso de la esfera y la inclinación del plano inclinado, para de esta manera poder evaluar las hipótesis que van teniendo respecto a si existe una relación entre distancias y tiempos, si es importante tener en cuenta el peso de la esfera

para determinar los cambios de velocidad en la caída, si al cambiar el grado de inclinación de un plano inclinado hay una variación en la velocidad que adquiere un objeto y si la velocidad de un cuerpo rodando por un plano inclinado depende o no de la altura. Los resultados que van obteniendo además de las hipótesis que se van planteando, permiten que tanto el docente como el estudiante se puedan ir evaluando; el estudiante en cuanto al nuevo conocimiento que va construyendo y el docente en cuanto a las habilidades para solucionar inconvenientes si se llegan a presentar, todo este proceso corresponde a la evaluación formativa.

Y por último (sesión 6), se sugiere que, al haber realizado todas las actividades propuestas, se lleve a cabo una actividad final donde se pueda evaluar:

- Las actividades de la unidad didáctica. Es allí donde se sabrá si éstas fueron pertinentes y si lograron transmitir al estudiante el conocimiento que se esperaba.
- Al docente por el éxito de las actividades propuestas y los objetivos alcanzados en la unidad didáctica o si por el contrario existieron algunas falencias que considera necesario modificar.
- Al estudiante a través de la construcción de sus conclusiones respecto a los objetivos de la unidad didáctica y a todo el proceso de enseñanza.

2. Actividades de la unidad didáctica

En esta unidad didáctica se tendrán en cuenta tres clases de actividades que son las actividades iniciales, actividades de aplicación y actividades de síntesis.

- Actividades iniciales: Estas actividades que se establecen para la sesión 1 (ver tabla1), se componen de un cuestionario corto que ayuda a determinar el contexto del estudiante en relación con el tema del movimiento de un cuerpo sobre un plano inclinado y la lectura *“Movimiento de un cuerpo a través de un plano inclinado”* (Galileo, 1638), que sirve para motivar al estudiante por conocer más sobre este tema.
- Actividades de aplicación: Estas actividades son de carácter experimental y se establecen para realizarlas en las sesiones 2, 3, 4 y 5 (ver tabla1) donde se propone la construcción de un plano inclinado, el registro de tiempos que tarda la esfera al rodar sobre un plano inclinado y tiempos en el plano inclinado con esferas de diferentes pesos. También se propone variar el grado de inclinación del plano inclinado y registrar nuevamente los

tiempos de caída, calcular la velocidad en intervalos de distancia iguales, elaborar un péndulo y registrar los tiempos desde diferentes alturas.

- Actividades de síntesis: Esta actividad se realiza en la sesión 6 donde se propone la elaboración de conclusiones a partir de las experiencias realizadas, se recomienda volver al cuestionario inicial para poder comparar si existe ya un conocimiento más robusto del movimiento de los cuerpos en un plano inclinado que al que tenían inicialmente y se hará una retroalimentación de todas las conclusiones con el resto del curso.

A continuación se describe cada una de las actividades propuestas en cada sesión de la unidad didáctica:

SESIÓN 1

¿Qué queremos que los estudiantes aprendan?

En esta primera sesión se espera que los estudiantes conozcan cómo y por qué fue que Galileo Galilei empezó a realizar estudios con planos inclinados y que analicen cómo será el movimiento de un cuerpo a través de un plano inclinado, para esto la pregunta orientadora es: ¿Cómo crees que se mueve una esfera sobre un plano inclinado?

Secuencia de la actividad

En esta primera sesión se busca que los estudiantes puedan expresar lo que saben respecto del tema, cuáles son sus opiniones y experiencias según sea el caso, para esto se proponen una serie de preguntas, que podrían ser abordadas de manera individual, para después hacer una socialización entre todo el curso. Aquí se espera reflexionar sobre cómo es el movimiento de una esfera por un plano inclinado. Posteriormente se realiza una lectura para poner en contexto a los estudiantes, la cual también se va a retroalimentar.

1. En primera medida se abordan las siguientes preguntas:

- a) Cuando se necesita poner un automóvil en el garaje de una casa notamos que muchas veces el andén tiene una inclinación que permite que el auto suba de manera fácil. ¿Qué otras situaciones u objetos conoces como planos inclinados?
- b) ¿Por qué crees que son importantes los planos inclinados?
- c) ¿Cómo crees que es el movimiento de una esfera que cae sobre un plano inclinado?

- d) ¿Crees que es importante tener en cuenta el peso del objeto?
- e) ¿Será que el grado de inclinación varía la velocidad de caída del objeto?
- f) ¿Crees que existe una relación entre un plano inclinado y un péndulo para estudiar el movimiento de un objeto en caída?

2. Realiza la siguiente lectura en compañía del profesor.

Tomada de Galileo Galilei “*Discursos y demostraciones matemáticas en torno a dos nuevas ciencias*”. Tercera jornada. En lectura se acompaña de algunas preguntas que se propone que el profesor formule (ver Anexo 1)

¿Cómo me doy cuenta de si los alumnos aprendieron los objetivos que buscaban con esta clase?

- Si relacionan situaciones de la vida cotidiana sobre el movimiento en planos inclinados.
- Si comprenden por qué en primera instancia Galileo consideró estudiar el movimiento a través de planos inclinados.

SESIÓN 2

¿Qué se espera que los estudiantes aprendan en esta clase?

En esta segunda sesión se propone que los estudiantes analicen cómo es el movimiento de un objeto por un plano inclinado, para esto se establecen dos preguntas orientadoras: ¿El movimiento de caída de un cuerpo es igual al movimiento de caída de ese cuerpo sobre un plano inclinado? y ¿Cómo se mueve una esfera que se deja caer y si ese movimiento es igual o diferente a como se moverá la esfera cuando cae sobre el plano inclinado?

Secuencia de las actividades

Se realiza una lectura introductoria, donde se profundiza más en el estudio de Galileo sobre los planos inclinados, para contextualizar el estudio del movimiento de caída sobre el plano. A demás elaborarán un plano inclinado con los materiales solicitados y siguiendo las indicaciones dadas.

1. Realiza la siguiente lectura tomada de Galileo Galilei “*Discursos y demostraciones matemáticas en torno a dos nuevas ciencias*”. Tercera jornada. (Anexo 2)

2. Elaboración de un plano inclinado:

Con base en las indicaciones dadas a continuación y los materiales solicitados construir un plano inclinado, teniendo en cuenta que se debe realizar de manera que se pueda variar al ángulo de inclinación. (Anexo 3)

¿Cómo me doy cuenta si los alumnos aprendieron los objetivos que buscaban con esta clase?

- Si se familiarizan con el plano inclinado y lo perciben como instrumento en el cual se puede experimentar la caída de un cuerpo.
- Si logran entender a través de la lectura abordada como fue el trabajo de Galileo del movimiento de un cuerpo sobre planos inclinados.
- Si construyen sus propias hipótesis sobre si el movimiento de caída de un cuerpo es igual que sobre la de un plano inclinado.

SESIÓN 3

¿Qué se espera que los estudiantes aprendan en esta clase?

Se propone que los estudiantes indaguen si existe una relación entre distancias y tiempos y puedan determinar si es importante tener en cuenta el peso de la esfera para determinar los cambios de velocidad en la caída, para esta sesión se tienen las siguientes preguntas orientadoras: ¿Entre más distancia recorrida por la esfera, su velocidad va aumentando o disminuyendo? y ¿Esta relación depende del peso de la esfera?

Secuencia de las actividades

En esta sesión de práctica de laboratorio se propone que los estudiantes registren datos de los respectivos tiempos de caída a diferentes distancias con lo cual se busca que ellos realicen un trabajo que les permita comprender la hipótesis de Galileo de que un cuerpo en el segundo intervalo de tiempo desde su punto de partida logra el doble de la velocidad adquirida que en el primer intervalo y así sucesivamente, además van a variar el peso de la esfera para saber si es importante tener en consideración este aspecto. (En el Anexo 4 se presenta la guía de trabajo propuesta para esta sesión)

¿Cómo me doy cuenta de si los alumnos aprendieron los objetivos que buscaban con esta clase?

- Si determinan si hay o no una relación entre distancias y tiempos.
- Si especifican si la velocidad de la esfera aumenta o disminuye entre más distancia recorrida.
- Si pueden concluir si el peso influye en la relación de distancias y tiempos.

SESIÓN 4

¿Qué se espera que los estudiantes aprendan en esta clase?

En esta sesión se espera que los estudiantes exploren si al cambiar el grado de inclinación de un plano hay una variación en la velocidad que adquiere un objeto. En esta oportunidad la pregunta orientadora es: ¿Cómo influye el ángulo de inclinación de un plano inclinado en el movimiento de un objeto?

Secuencia de actividades

En esta sesión los estudiantes podrán estudiar el efecto del grado de inclinación del plano en los tiempos de caída. Para esto se propone realizar tomas de tiempos de caída para grados diferentes de inclinación del plano (bajo-alto). En el Anexo 5 se presenta la guía de trabajo propuesta para esta sesión.

¿Cómo me doy cuenta de si los alumnos aprendieron los objetivos que buscaban con esta clase?

- Si los estudiantes determinan si al cambiar el grado de inclinación de un plano hay una variación en la velocidad que adquiere un objeto.

SESIÓN 5

¿Qué se espera que los estudiantes aprendan en esta clase?

En esta sesión se espera que los estudiantes exploren a través de la experimentación si la velocidad de un cuerpo rodando por un plano inclinado depende o no de la altura, para dar paso a esta experiencia se formula la siguiente pregunta orientadora: ¿Será que la velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado depende de la altura desde la que se deja caer el cuerpo?

Secuencia de las actividades

Los estudiantes realizarán un péndulo con las instrucciones dadas en el anexo 6, basándose en el estudio que Galileo realizó con un péndulo y registraran los tiempos desde diferentes alturas, para determinar si la velocidad de la esfera depende o no de la altura, a medida que van realizando la experiencia responderán algunas preguntas sobre lo que van analizando. También se propone realizar la lectura “La velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado” (anexo 6)

¿Cómo me doy cuenta de si los alumnos aprendieron los objetivos que buscaban con esta clase?

- Si los estudiantes logran determinar si la velocidad que adquiere la esfera rodando por un plano inclinado depende o no de la altura.

SESIÓN 6

¿Qué se espera que los estudiantes aprendan en esta clase?

En esta última sesión se espera que los estudiantes puedan demostrar el aprendizaje adquirido a lo largo de las sesiones anteriores y expresen sus conclusiones después de las experiencias realizadas sobre el movimiento de un cuerpo a través de un plano inclinado.

Secuencia de las actividades

Los estudiantes en primera medida volverán al cuestionario inicial con el fin de comparar su proceso de aprendizaje, posteriormente se socializaran las respuestas de todas las preguntas planteadas en cada una de las sesiones de la unidad didáctica y finalmente cada grupo expresara a todo el curso incluido el profesor, las conclusiones a las que llegaron sobre el movimiento de los cuerpos sobre un plano inclinado. En el anexo 7 se presenta el cuestionario propuesto para esta sesión.

¿Cómo me doy cuenta de si los alumnos aprendieron los objetivos que buscaban con esta clase?

- Si los estudiantes logran describir el movimiento de un cuerpo sobre un plano inclinado.

CONCLUSIONES

Este trabajo de grado propone una alternativa de enseñanza donde se muestra que en el aula no solo se pueden abordar los fenómenos físicos de manera magistral, si no que existen herramientas, propuestas y prácticas experimentales que deben ser fortalecidas de manera didáctica siempre buscando la forma de hacer las clases más amenas y agradables para los estudiantes.

La actividad experimental juega un papel muy importante ya que permite motivar a los estudiantes, además que aporta una mejor comprensión teórica de los contenidos, por esto en el diseño de esta unidad didáctica hay una cantidad de sesiones dedicadas a la práctica experimental esperando que estas actividades les permitan a los estudiantes hacer descripciones y análisis intencionados de sus observaciones sobre el movimiento de los objetos. Es decir, que puedan encontrar relaciones entre variables que les permitan describir el momento, por esto son importantes las actividades donde se propone registrar tiempos de caída, cuando se varía la altura de caía, el grado de inclinación del plano, y el peso del cuerpo que cae.

En este sentido, para el desarrollo del contenido de este trabajo de grado fue de suma importancia el estudio experimental realizado por Galileo Galilei con planos inclinados, ya que con este instrumento él buscaba reducir los tiempos de caída de los objetos y el efecto de la gravedad, lo cual hace más fácil poder realizar mediciones y de esta manera poder describir más detalladamente este movimiento.

De acuerdo con Romero y Rodríguez (2003) al reconocer que se puede avanzar en la caracterización de las relaciones entre la física y las matemáticas que posibilite plantear propuestas didácticas es a través de la realización de estudios de casos de cómo se constituyen y formalizan conceptos físicos particulares. En este caso, es posible que las actividades presentadas en la unidad didáctica puedan ampliarse respecto a la construcción de formas de representación y grados de formalización involucrados en la identificación y cuantificación de las magnitudes relevantes (Romero y Rodríguez, 2003), en este caso la velocidad.

Por esta razón es que se destaca el trabajo de Galileo Galilei, porque la manera como presenta el trabajo con planos inclinados, no sólo refleja la importancia del experimento sino también la organización formal y teórica que lo orienta, y que posibilita la construcción de la velocidad instantánea (Moreno, 2020). Entonces, es posible que centrando la enseñanza en actividades

experimentales que permitan el vínculo con la teoría y el análisis de variables contribuya a los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

Desde mi perspectiva aprendí que estos procesos de enseñanza también se enriquecen cuando se piensa en estrategias específicas de planeación de las actividades que se propondrán a los estudiantes.

En este trabajo fue importante reconocer que una unidad didáctica tiene unos criterios que se deben tener en cuenta para que se realice de manera adecuada, criterios como los que se presentaron en relación al análisis del trabajo de Galileo Galilei. Además, todo debe ser minuciosamente analizado, como la elaboración de objetivos, la selección de contenidos, las actividades que sean acordes al tema, la manera como se va a evaluar todo el proceso y pensar en los tiempos. Esto era algo de lo que no tenía mucha información y esta parte de la investigación aportó demasiado a mi rol como docente.

También se destaca que se encuentra una amplia gama de trabajos de orden didáctico que abordan la enseñanza de la caída de los cuerpos, como el trabajo de Astorga (2010) que se centra en el desarrollo de prácticas experimentales para el abordaje de la cinemática con estudiantes de educación media, a partir de la réplica de planos inclinados descritos en el trabajo de Galileo. En este campo de propuestas se ubica mi propuesta de unidad didáctica, aportando particularmente a fundamentar el estudio de la caída desde el control de variables que podrían ser consideradas por los estudiantes como determinantes de la velocidad de caída, como el peso de la esfera que cae sobre un plano inclinado. Además se retoman extractos de la obra de Galileo donde se pone en cuestión las condiciones que afectarían o no la velocidad de caída.

Esta unidad didáctica no se implementó debido a la emergencia sanitaria dada durante el 2020 y 2021 por la pandemia Covid-19. Sin embargo, es un recurso que puede ser utilizado con estudiantes de grado décimo, para el abordaje del tema del movimiento de la caída de los cuerpos con planos inclinados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alarcón. M (2012) Estudio del fenómeno de la caída de los objetos desde la perspectiva de los Sistemas Dinámicos: una propuesta para el desarrollo de competencias científicas. Trabajo de grado. Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
2. Astorga. M. (2010) Modelo de Galileo de plano inclinado para la enseñanza de la cinemática. Trabajo de grado. Maestría en Educación Científica. Centro de Investigación en Materiales Avanzados. Ciudad Juárez, México.
3. Catanese, R. (2020) Construcción y formalización del fenómeno de movimiento de los cuerpos: Propuesta didáctica para su enseñanza en los cursos introductorios de física. Tesis de grado. Magister en Docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
4. Duran. N. (2011) Experiencias didactas para mejorar la comprensión del concepto de caída libre y demostrar la independencia de la masa en el tiempo de caída de los cuerpos en ausencia de la fuerza de rozamiento. Trabajo de grado. Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
5. Galilei, G (1638/1981) Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Jornada tercera: sobre el movimiento naturalmente acelerado. Traducido por J. Sabada. Madrid, Editora Nacional.
6. Gallón. A. (2016) Diseño de un proyecto digital de aula, para la enseñanza del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado en el grado décimo, de la institución educativa Presbítero Julio Tamayo. Trabajo de grado. Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
7. García. W. (2016) Diseño y construcción de un prototipo para el estudio de la caída de los cuerpos: medición de la aceleración de la gravedad, por medio de (Arduino). Trabajo de grado. Pregrado. Licenciatura en Física. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
8. Gribbin John (2003): Historia de la ciencia 1543-2001. (Science. A History, 1543-2001, Allen Lane). Editorial Crítica. Barcelona.
9. Moreno Diana (2020) Acerca de la formalización del concepto velocidad desde la geometrización del movimiento de caída según Galileo Galilei. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
10. Sanmartí, Neus (2005) La unidad didáctica en el paradigma constructivista. Unidades didácticas en ciencias y matemáticas. Magisterio, Bogotá. Pp. 13-58

11. Pérez, J (2015) “Los experimentos con bolas y planos inclinados” Artículo 5. Cuaderno de Cultura Científica. Universidad del País Vasco. Lejona, España. Disponible en: <https://culturacientifica.com/2015/07/31/galileo-v-los-experimentos-con-bolas-y-planos-inclinados/> [12 octubre 2018]
12. Perilla. M. (2005) El fenómeno de la caída libre y los conceptos de masa inercial y masa gravitacional. Trabajo de grado. Doctorado en Educación. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
13. Romero A y Rodríguez D (2003) De la formalización de los conceptos físicos, el caso de la velocidad instantánea. Revista Educación y Pedagogía, vol. XV, 35, (enero-abril), 2003. Pp. 57 – 67
14. Ruiza, M., Fernández, T. y Tamaro, E. (2004). Galileo Galilei. Su obra. En Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea. Barcelona (España). Recuperado de <https://www.biografiasyvidas.com/monografia/galileo/obra.htm> el 12 de octubre de 2021.

ANEXOS

A continuación se presentan todas las actividades planteadas de la unidad didáctica.

ANEXO 1

ANÁLISIS SOBRE EL MOVIMIENTO DE UN CUERPO A TRAVÉS DE UN PLANO INCLINADO

Lectura de la sesión 1

MOVIMIENTO DE UN CUERPO A TRAVÉS DE UN PLANO INCLINADO

Cuando nos referimos al movimiento de un cuerpo, la idea a la que hacemos referencia es a qué tan rápido o lento se mueve un objeto. De hecho, no es adecuado decir que el cuerpo tiene movimiento por sí solo, lo correcto es afirmar que el cuerpo está en movimiento.

(Aquí el profesor puede preguntar: *¿Un cuerpo puede ejercer movimiento por si solo?*)

Galileo Galilei fue un astrónomo, filósofo, matemático y físico italiano que mostró gran interés por el campo de las ciencias realizando muchos estudios experimentales algunos relacionados con el movimiento uniforme y uniformemente acelerado de los cuerpos, para esto dejó caer dos objetos uno liviano y uno pesado desde lo más alto de la torre de Pisa para comprobar su teoría de que los cuerpos independientemente de su masa caen con la misma velocidad y también utilizó planos inclinados.

(El profesor podría preguntar: *¿Para qué crees que Galileo dejó caer dos cuerpos de diferentes pesos desde la torre de Pisa?*)

Movimiento acelerado y uniformemente acelerado

El movimiento naturalmente acelerado es algo propio de la naturaleza misma, es decir que cuando vemos a una piedra caer desde cierta altura no cuestionamos que esta podría moverse de otra manera distinta teniendo en cuenta la relación que tiene entre la velocidad y el tiempo, donde la distancia recorrida es proporcional al cuadrado del tiempo, esto quiere decir que en el segundo intervalo de tiempo desde su punto de partida (reposo) este logra el doble de la velocidad adquirida

que en el primer intervalo, por tanto en un quinto intervalo este sería cinco veces la velocidad adquirida que en el primero; por otro lado también podríamos decir que el primer intervalo es cinco veces más lento que en este quinto intervalo de tiempo y así sucesivamente, por lo que se puede concluir que la velocidad crece según el incremento de tiempo, es decir velocidad es proporcional al tiempo. De esta manera es más fácil poder definir el movimiento uniformemente acelerado.

(Aquí el profesor puede hacer otra pregunta: *¿Cómo entendiste este movimiento según la lectura?*)

ANEXO 2

TRABAJO DE GALILEO CON PLANOS INCLINADOS

Lectura de la sesión 2

TRABAJO DE GALILEO CON PLANOS INCLINADOS

Muchas veces se suele pensar que el movimiento de una esfera través de un plano inclinado es diferente al de la caída libre, pero qué pasaría si dejando caer la esfera por el plano inclinado de repente este plano desapareciera, la esfera caería hacia abajo, lo que quiere decir que la esfera siempre está en caída por la fuerza que ejerce la gravedad sobre los cuerpos, en este orden de ideas lo que se busca con los planos inclinados es que estos diluyan de alguna manera el efecto de la gravedad y proporcionen una velocidad de caída más lenta, para realizar de manera un poco más precisa mediciones durante la caída del objeto; sin embargo es necesario que el plano sea completamente liso para disminuir el rozamiento que pueda interferir.

Galileo demuestra por medio de los planos inclinados que los cuerpos caen con una aceleración constante o que cuerpos ideales sobre los que no actúan fuerzas de fricción o ningún otro factor que interfiera en la caída recorrerá al caer una distancia que aumenta con el cuadrado del tiempo transcurrido.

Llegó a esta afirmación con la ayuda de un tablón de una superficie bien pulida y engrasada con el fin de que la esfera caiga sin la mayor dificultad y variando el ángulo de inclinación (observando que la rapidez con la que bajan las esferas aumentaba al inclinar más el plano) y realizando marcas desde la distancia en la que se dejaría rodar la esfera; mientras tanto desde el inicio de la caída del objeto Galileo abría un llave de agua y la cerraba al caer la esfera, el agua caía en una vasija, también tocaba el laúd que es un instrumento de cuerda parecido a una guitarra durante el recorrido, analizando y tomando apuntes de los respectivos tiempos, realizó esta operación muchas veces y así, descubre que el movimiento de la bola se puede descomponer en horizontal y en vertical, los dos son acelerados uniformemente, es decir que la velocidad con que llega al suelo es proporcional al tiempo.

ANEXO 3

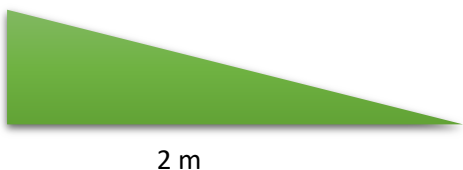


ELABORACIÓN DE UN PLANO INCLINADO

Con base a las indicaciones dadas a continuación y los materiales solicitados construir un plano inclinado, teniendo en cuenta que se debe realizar de manera que se pueda variar al ángulo de inclinación.

MATERIALES:

- Cartón liso o madera
- Silicona en barra
- Cronómetro
- Regla
- Pistola de silicona
- Esferas de acero de diferentes pesos

Corta el cartón o la madera con las siguientes medidas:

MEDIDAS	CANTIDAD
 <p>70 cm</p> <p style="text-align: center;">2 m</p>	2 unidades
 <p>70 cm</p> <p style="text-align: center;">2 m</p>	2 unidades
 <p>70 cm</p> <p style="text-align: center;">2 m</p>	1 unidad

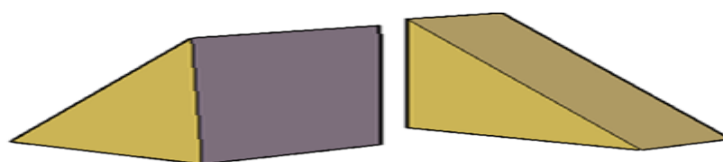
Material de apoyo:

- <https://www.youtube.com/watch?v=yp035QM5oac&t=24s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=KuJjy-xRiFg>

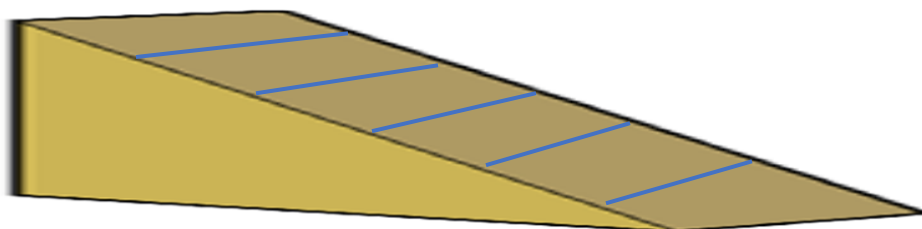
ANEXO 4

REGISTRO DE TIEMPOS A DIFERENTES DISTANCIAS Y CON ESFERAS DE DIFERENTE PESO

En esta sesión de práctica de laboratorio los estudiantes van a tomar datos de los respectivos tiempos a diferentes distancias con lo cual se busca que ellos realicen un trabajo que les permita comprender la hipótesis de Galileo de que un cuerpo en el segundo intervalo de tiempo desde su punto de partida logra el doble de la velocidad adquirida que en el primer intervalo y así sucesivamente, además van a variar el peso de la esfera para saber si es importante tener en consideración este aspecto.



1. Una vez teniendo el plano inclinado elaborado vamos a marcar en él distancias con intervalos de 25 centímetros de la siguiente manera:



2. Ahora vamos a dejar caer una esfera desde las distancias dadas de la siguiente tabla y empezamos a tomar los datos con un cronómetro:

INTERVALO	TIEMPO (segundos)
25 cm	
50 cm	
75 cm	

100 cm	
125 cm	
150 cm	
175 cm	
200 cm	

- ¿A qué conclusiones puedes llegar después de realizar el punto anterior?
- ¿Entre más distancia recorrida por la esfera, su velocidad va aumentando o disminuyendo?
- ¿Es cierto lo que afirmaba Galileo, de que un cuerpo adquiere el doble de la velocidad en el segundo intervalo de tiempo que en el primer intervalo?

3. ¿Será que pasa lo mismo con una esfera más pesada que la anterior o una más liviana? ¿Será importante el peso de la esfera? Vamos a investigarlo:

PARA TENER EN CUENTA

El peso es diferente a la masa. La masa es la cantidad de materia que contiene un cuerpo y el peso es la fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo, por acción de la gravedad.

ESFERA MAS PESADA

INTERVALO	TIEMPO (segundos)
25 cm	
50 cm	
75 cm	
100 cm	
125 cm	
150 cm	
175 cm	
200 cm	

ESFERA MENOS PESADA

INTERVALO	TIEMPO (segundos)
25 cm	
50 cm	
75 cm	
100 cm	
125 cm	
150 cm	
175 cm	
200 cm	

- ¿Qué puedes concluir de la experiencia anterior?
- ¿En caso de que exista una relación entre distancias y tiempos, esta relación cambia con el peso?
- ¿Es importante tener en cuenta el peso de la esfera?

4. Analiza la siguiente pregunta con ayuda del profesor

¿La velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado depende o no de la inclinación del plano?

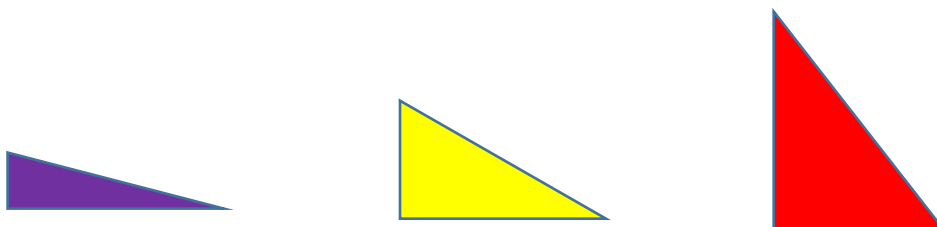


ANEXO 5


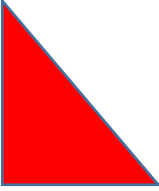
VARIACIÓN DEL GRADO INCLINACIÓN DE UN PLANO INCLINADO

En esta sesión los estudiantes van a variar el grado de inclinación del plano (bajo-alto) a su gusto y van a tomar datos del tiempo de la llegada de la esfera para saber si es importante tener en cuenta la inclinación del plano.

1. Varía el grado de inclinación del plano y deja rodar la esfera desde el punto más alto hasta el final y toma el tiempo correspondiente.



2. Argumenta, según tu experiencia, si existe o no una variación en la variación de la velocidad que adquiere la esfera al modificar el grado de inclinación y en el siguiente cuadro justifica para cada caso: ¿Qué paso con la velocidad de la esfera en el grado de inclinación más bajo y en el más alto?

Grado de inclinación	Conclusión
	
	

ANEXO 6

LA VELOCIDAD QUE UN CUERPO LOGRA OBTENER AL RODAR SOBRE UN PLANO INCLINADO Y SU RELACIÓN CON LA ALTURA

Los estudiantes realizarán un péndulo con las instrucciones dadas en el anexo 6, basándose en el estudio que Galileo realizó con un péndulo y registrarán los tiempos desde diferentes alturas, para determinar si la velocidad de la esfera depende o no de la altura, a medida que van realizando la experiencia responderán algunas preguntas sobre lo que van analizando. También se propone realizar la lectura “La velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado”.

1. Lectura del anexo 6:

LA VELOCIDAD QUE ADQUIERE UN CUERPO RODANDO POR UN PLANO INCLINADO

Galileo afirmaba que la velocidad alcanzada por un cuerpo en planos inclinados es igual cuando las alturas de los mismos planos son también iguales. La velocidad que adquiere un cuerpo rodando por un plano inclinado no depende de la inclinación del plano, sino de la altura que descarga el cuerpo que se deja caer. La idea la extrajo de un experimento con un péndulo.

Una de las principales características de Galileo fue que usó su intuición para probar sus hipótesis, elaborando experimentos que se lograron repetir con magnitudes que cualquiera pudiera medir. Galileo fue precursor de los experimentos cuantitativos por medio de resultados que se podían analizar matemáticamente.

Es decir que:

Si se ignoran las sucesivas pérdidas de impulso debidas al rozamiento, en ambas direcciones la bola pasa a la misma velocidad por el punto más bajo de su trayectoria, independientemente del plano, ósea que un plano cada vez más y más inclinado con una pendiente cada vez mayor, la bola siempre llegaría al punto más bajo a la misma velocidad. Pues bien, esa inclinación del plano llevado al extremo sería como dejar caer la bola en caída libre; también llegaría la bola al punto más bajo a la misma velocidad. (Pérez, 2015)

Por otro lado, Galileo pudo evidenciar más cosas a través de los experimentos del plano inclinado; y se puso a pensar qué sucedería si un segundo plano inclinado tuviera cada vez menos

pendiente. Cuanto menor fuera dicha pendiente, la bola tendría que rodar más lejos para llegar a su altura inicial. Si el segundo plano fuera horizontal, y no existiera rozamiento, la bola rodaría eternamente hacia el horizonte (Gribbin, 2003, pág. 125).

2. Elaboración del péndulo

MATERIALES:

- Dos adhesivos de pared
- Una cuerda delgada pero resistente
- Una esfera (piquis)
- Un pliego de cartulina

Poner el adhesivo en una pared que será el punto A, allí amarrar la cuerda que quede de manera vertical donde el punto B será el otro extremo de la cuerda y al final de la cuerda o sea en el punto B atar la bola.



Figura 1

En la parte de atrás del esquema o sea en la pared poner el pliego de cartulina y trazar una línea perpendicular que va desde el punto C hasta D como se muestra en la figura 2.

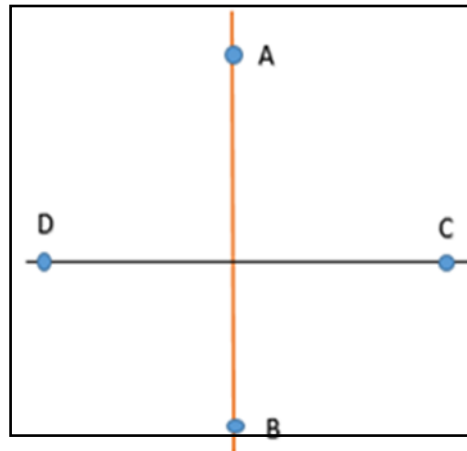


Figura 2

Llevamos la bola hasta el punto C y la soltamos.

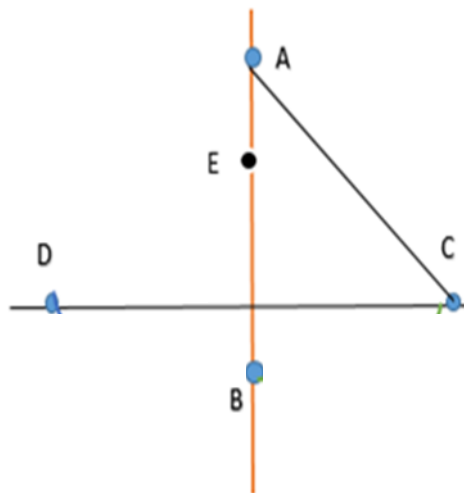


Figura 3

Ahora responde las siguientes preguntas:

- ¿Hasta dónde llegó la cuerda después de soltarla desde el punto C?
- ¿Llegó hasta el punto B o D? ¿Por qué crees que pasó esto?

- Si no llegó hasta el punto D ¿Por qué crees que pasó esto?

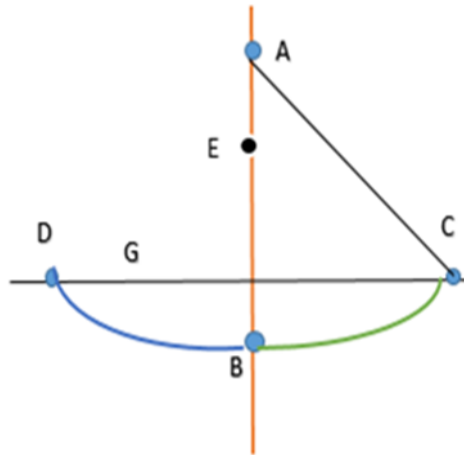


Figura 4

Se espera que esta llegará hasta B y pasando a B, llegará finalmente al punto D o un poco menos que a D (si hay resistencia).

- ¿Sería entonces falso o verdadero afirmar que la velocidad que había adquirido la bola en el punto B, al recorrer el arco CB, fue suficiente como para recorrer también el arco BD hasta alcanzar la misma altura?

Falso

Verdadero

- ¿Por qué?

Ahora como se observa en la figura 5 se pone otro adhesivo en la pared más abajo del punto A que sobresale y que corresponde al punto E, nuevamente se lleva la bola al punto C y se deja caer libremente.

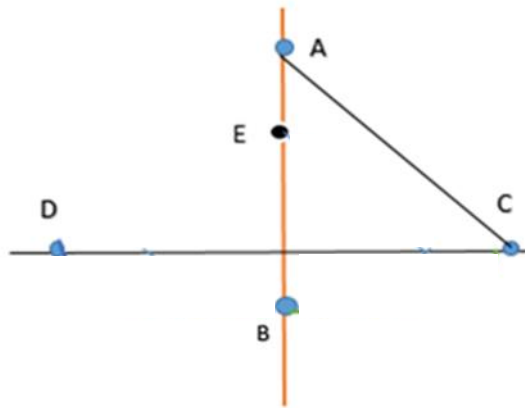


Figura 5

- ¿Qué ocurrió cuando se dejó caer libremente la bola desde el punto C?

Una vez que haya llegado al punto B el hilo chocará con el adhesivo que está en el punto E (como centro) y se verá obligado a recorrer BG dando cuenta así nuevamente de que las alturas son iguales.

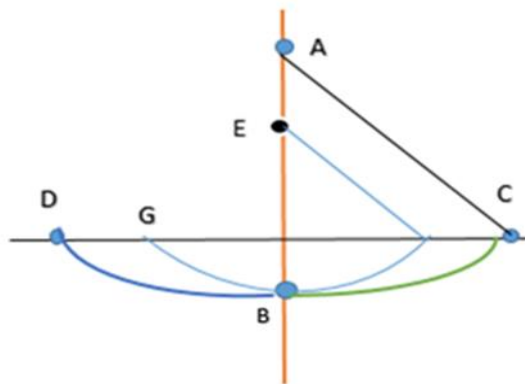


Figura 6

- ¿Qué pasa con la velocidad que adquiere la esfera cuando se suelta desde el punto AC y el hilo choca con el adhesivo (punto E)?

3. Registra los siguientes tiempos:

Recorrido	Tiempo (segundos)
De C a B (sin el adhesivo del punto E)	
De B a D (sin el adhesivo del punto E)	
De C a D (sin el adhesivo del punto E)	

- ¿Qué puedes analizar de los tiempos obtenidos, respecto a la velocidad adquirida por la esfera en los diferentes recorridos?

ANEXO 7

SOCIALIZACIÓN DE CONCLUSIONES

1. De acuerdo a lo aprendido durante las sesiones responder nuevamente el siguiente cuestionario

- a) Cuando se necesita poner un automóvil en el garaje de una casa notamos que muchas veces el andén tiene una inclinación que permite que el auto suba de manera fácil. ¿Qué otras situaciones u objetos conoces como planos inclinados?
- b) ¿Por qué crees que son importantes los planos inclinados?
- c) ¿Cómo crees que es el movimiento de una esfera que cae sobre un plano inclinado?
- d) ¿Crees que es importante tener en cuenta el peso del objeto?
- e) ¿Será que el grado de inclinación varía la velocidad de caída del objeto?
- f) ¿Crees que existe una relación entre un plano inclinado y un péndulo para estudiar el movimiento de un objeto en caída?

2. Con el grupo con el que trabajaste, socializa a nivel del curso las preguntas planteadas durante cada una de las sesiones e indica si la mayoría de las respuestas coincidieron o no y porque.

3. Cada grupo de trabajo debe escribir las conclusiones a las que llegó durante todo el desarrollo de la unidad didáctica.