UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

DISEÑO DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE TORQUE A PARTIR DE LAS MÁQUINAS SIMPLES

Julio Cesar Ceron Correa

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá, Colombia
2014

DISEÑO DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE TORQUE A PARTIR DE LAS MÁQUINAS SIMPLES.

Julio Cesar Ceron Correa

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:
Dr.Rer.Nat. José Daniel Muñoz Castaño

Línea de Investigación:
Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá, Colombia
2014

Agradecimientos

De la manera más sincera y cordial:

A la Universidad Nacional de Colombia, por brindarme las herramientas necesarias para realizar mis estudios de maestría.

Al Dr. José Daniel Muñoz Castaño: Director del proyecto. Docente de la Universidad Nacional de Colombia, por sus valiosos aportes, su compromiso, disposición y colaboración.

A mis compañeros y amigos Urías José Pérez Acuña y Efrén Armando Briceño Buitrago por sus aportes académicos, apoyo y colaboración.

A la Lic. Sandra Patricia Molina por sus valiosos aportes en la construcción del trabajo.

A todos los que contribuyeron al desarrollo de mi maestría.

Dedicatoria

A la memoria de mi padre por su ejemplo y testimonio de vida.
A mi esposa, Yolanda por su incondicional apoyo y comprensión,
a mis hijos Nathalia y J. Cesar, por ser mi motivo para vivir.

Resumen

La importancia de la enseñanza del Torque en la física radica en los conceptos que se involucran para su construcción y en las diferentes aplicaciones las cuales despiertan gran interés, como en el caso de las maquinas simples por ser significativas en el contexto del estudiante.

El trabajo de investigación se inicia con un reconocimiento del proceso histórico-epistemológico del concepto de torque a partir de algunos usos de la palanca en l antigüedad hasta el desarrollo de la ley de la palanca de Arquímedes. Luego se revisan los aspectos disciplinares relacionados con el concepto de torque, hasta deducir su definición en términos del brazo de palanca por la fuerza aplicada y en función del producto del momento de inercia por la aceleración angular.

Para la elaboración del trabajo se consultó sobre el diseño de secuencias didácticas, su estructura y los ambientes de aprendizaje. Esto sirvió de insumo para proponer una secuencia didáctica para la enseñanza- aprendizaje del torque bajo el enfoque del aprendizaje significativo.

La secuencia comienza con un pre-test en donde se pudo evidenciar algunas dificultades en el manejo de las leyes de Newton, se proponen unas actividades de nivelación para luego iniciar con una introducción al concepto de torque mediante el reconocimiento de algunas herramientas y dispositivos en contextos significativos.

Posteriormente se construye el concepto de torque identificando, eje de giro, brazo de palanca y fuerza aplicada en diferentes ejemplificaciones para finalmente definir torque. Se trabajan los temas de condición de equilibrio, palancas y poleas como los mejores ejemplos para evidenciar el concepto de torque. Finalmente se trabajan aplicaciones y solución de problemas.

Al finalizar luego de aplicar el pos-test se observan mejores resultados individuales y un desempeño promedio alto. Además, los estudiantes se mostraron motivados, aumentaron su capacidad de argumentación y la mayoría cambió sus ideas previas respecto al equilibrio. La propuesta es, por lo tanto, una alternativa efectiva y enriquecedora para la enseñanza del concepto de torque.

Palabras clave: Fuerza, leyes de Newton, maquinas simples, palanca.

Abstract

The importance of teaching torque in physics is based on the concepts which are involved in it's construction and in the different practical applications as the use of simple machines that awakes the student's interest. The research work starts with a historical overview of the historical-epistemological concept of torque taking into account the uses of the levers in the past until the development of the law of Aquimedes on levers. Then the disciplinary aspects related to the concept of torque are revised until it's definition is deduced in terms of the arm of the lever times the applied force. The torque is also defined as the product of the inertia moment times the angular aceleration.

For the development of the investigation a research was done about the design of educational sequences, it's structuture and the learning environments. Following the results that were found, a teaching sequence is proposed for the teaching and learning of torque with the objective of a significant learning.

The sequence starts with a pre-test in which difficulties on the use of the Newton laws were observed, so activities to reinforce are proposed. After this an introduction to the concept of torque is given by the acknowledgment of some tools and devices in the context of the main theme. The concept of torque is then constructed by identifyng the rotational axis, the arm of the lever and the applied force in different examples to finally give a definition to it. The equilibrium conditions, levers and pulleys are explained too as the best examples to understand the concept of torque. At last the work is guided to solve problems and learn practical applications.

Finally after applying the post-test better individual results are observed with a high level performance. Moreover the students showed motivation and improved their argumentation abilities and most of them changed their prior ideas about equilibrium. By this it can be said that the suggested proposal was enriching for the teaching of the concept of torque.

Keywords: Force, Newton's laws, simple machines , lever.

Índice general

Resumen I

Lista de figuras **V**

Lista de tablas **VI**

Introdución **1**

1. Recorrido histórico de la palanca **3**

1.1. Arquímedes y la ley de la palanca 4

1.1.1. Demostración de la ley de la palanca 5

1.2. La palanca según la ciencia medieval 7

1.3. La contribución del Renacimiento 7

1.4. Demostración de Galileo 8

1.5. Newton 9

2. Aspecto Disciplinar del Concepto de Torque **10**

2.1. Torque o momento de una fuerza 10

2.2. Condiciones de equilibrio para cuerpos rígidos 13

2.3. Máquinas simples 14

2.4. La palanca 14

2.4.1. Elementos de una palanca 14

2.4.2. Palanca de primer género 15

2.4.3. Palanca de segundo género 15

2.4.4. Palanca de tercer género 16

2.4.5. ¿En qué se basa la Ley de las Palancas? 16

2.5. Polea 17

2.6. Tornillo 18

2.7. Momento de Inercia 18

3. Aspecto Pedagógico **20**

3.1. Como se enseña el concepto de torque y su relación con las maquinas simples. 20

3.2. Investigaciones acerca de la enseñanza del Torque. 21

3.3. La enseñanza del Torque en los libros de texto 25

3.3.1. Estándares del Ministerio de Educación Nacional (M.E.N) . . 30

4. Propuesta Didáctica **32**

4.1. Enfoque didáctico 32

4.1.1. Etapa diagnóstica. 34

4.1.2. Etapa de nivelación. 34

4.2. Contenidos y conceptos fundamentales a construir 34

4.3. Descripción general de la propuesta 34

4.3.1. Sesión 1. 35

4.3.2. Sesión 2. 35

4.3.3. Sesión 3 37

4.3.4. Sesión 4 39

4.3.5. Sesión 5 41

4.3.6. Sesión 6 43

4.3.7. Sesión 7 45

4.3.8. Sesión 8 46

4.3.9. Sesión 9 47

4.3.10. Sesión 10 49

5. Resultados y Análisis **50**

5.1. Análisis estadístico 50

5.1.1. Resultados pruebas Pre-test y pos-test sobre Enseñanza del torque. 50

5.2. Resultados Cualitativos 53

Conclusiones y Recomendaciones **54**

BIBLIOGRAFÍA **55**

Índice de figuras

1.1. Remos utilizados en Egipto, balanza de brazos móviles en Mesopotamia y palancas para la construcción.(Josef Klima, 2007) 3

1.2. Cigoñal (Shadoof) para la extracción del agua y tijeras de hierro.(TimeRime.com) 4

1.3. Representación grafica del Corolario 2. 5

1.4. Representación grafica para la Demostración de la Ley de la Palanca. 6

1.5. Demostración Ley de la Palanca. 6

1.6. Diagrama representativo sobre la Idea clave de la prueba. 8

1.7. Representación cuando la distancia de los brazos de la palanca son desiguales al igual que sus pesos según La idea clave de la prueba. . . 9

2.1. Torque o momento de fuerza: sentido contrario a las manecillas del reloj es positivo. 11

2.2. Torque o momento de fuerza: sentido de las manecillas del reloj es negativo. 11

2.3. Cuerpo solido bajo la acción de una fuerza F. 13

2.4. Ejemplo condiciones de equilibrio. 13

2.5. Elementos de una palanca. 14

2.6. Palanca de primer género. 15

2.7. Palanca de segundo género. 16

2.8. Palanca de tercer género. 16

2.9. Ley de la Palanca. 16

2.10. Representación de un tornillo. 18

2.11. Momento de inercia. 19

5.1. Grafica Diagrama de cajas del pre-test y el pos-test resultados representados en cajas 52

Índice de cuadros

2.1. Valor del torque de acuerdo con la dirección de la fuerza aplicada y la distancia del punto de aplicación al eje de giro. 12
2.2. Tipos de sistemas de poleas. 17

3.1. Tabla comparativa para diferentes textos 26
3.2. Estandares de educación. (MEN Nacional, 2003) 31

5.1. Estadísticos de fiabilidad. 50
5.2. Tabla Estadísticos total-elemento 51
5.3. Tabla Estadísticos descriptivos 52
5.4. Pruebas de normalidad para las distribuciones de puntajes en el pre-test y el post-test. 52
5.5. Tabla Estadísticos de contraste [a] 52

INTRODUCIÓN

El Torque mecánico es un concepto físico que se usa constantemente en la vida diaria, por ejemplo al abrir una puerta, usar las tijeras, pedalear la bicicleta, utilizar una llave inglesa y en cualquier movimiento del sistema locomotor. Su presencia se evidencia en las maquinas simples y en los más complejos mecanismos para transmitir movimiento, ampliar fuerza o transformar un movimiento en otro. Además, la enseñanza - aprendizaje del concepto de torque permite reforzar las leyes del movimiento, el concepto vectorial de fuerza y la explicación de los diferentes movimientos. Su conocimiento y comprensión facilita la explicación de sistemas mecánicos, permite trabajar las operaciones vectoriales entre magnitudes físicas y ayuda a desarrollar habilidades de pensamiento para dar explicación de conceptos más abstractos. Sin embargo, y a pesar de su trascendencia, la enseñanza de este concepto se suele obviar en los cursos de décimo, bien sea porque no se le asigna tiempo, despreciando su importancia, o bien porque se asume que su aprendizaje implica la comprensión previa de muchos otros conceptos, como los de fuerza y movimiento circular, que no necesariamente han sido correctamente aprehendidos por los estudiantes. Cuando se imparte, se suele enfocar desde un punto de vista matemático, con énfasis en el álgebra de vectores, desconectado de la realidad. Por lo tanto, será de gran interés contar con secuencias didácticas auto-contenidas que construyan el concepto desde la intuición, que hagan énfasis en la significancia del concepto en la cotidianidad, y que permita impartirlo en un tiempo razonable.

Existen varios trabajos que proponen secuencias didácticas para la enseñanza del concepto de torque, pero muy pocos los ligan con máquinas simples o con los conceptos de trabajo y energía. Sin embargo, sus aportes son significativos. Por ejemplo, José David Muñoz, en su tesis de maestría de la Universidad del Valle, desarrolla guías para el maestro que enfatizan en la mayéutica para desarrollar el concepto de torque, donde cada clase responde a una pregunta. A. Francis-Poly, C. Gonzalez y R. Vladimir proponen utilizar problemas del movimiento corporal, que mejora el aprendizaje y la motivación de los estudiantes sobre los que se implementó. O.G Roa, de la U. Nacional, propone fortalecer el concepto de proporción antes de comenzar con el concepto de torque. Un trabajo muy interesante es el de H.J. Castro, quien enseña el concepto de torque a través de la cosntrucción de modelos a escala de los mecanismos de Leonardo da Vinci. Por su parte, existen páginas web que sugieren estrategias específicas para la enseñanza de torque, como Teaching and Learning Laboratory del MIT, que apoya el trabajo en laboratorio con videos en línea, y Sophia, que presenta seis secuencias para la construcción de los conceptos involucrados a partir de las respuestas de los estudiantes a tests de entrada. Incluso existe una cartilla

diseñada por un equipo de investigación del Ministerio de Educación Nacional en donde se ejemplifica una secuencia didáctica, desarrollando el tema de las palancas como aplicaciones del concepto de torque (Sánchez, Barragán, & Sofýa, 2013). Por su parte, la mayoría de los libros de texto presentan el concepto de torque después de ver las leyes de Newton y el movimiento circular, pero sin haber visto trabajo y energía, y unos pocos lo presentan directamente después de hacer un recorrido por la cinemática del movimiento circular. Sólo los libros de Tippens (2011) y el de M. Valero (2010) relacionan en forma directa el torque con las maquinas simples

El propósito de este trabajo de grado es diseñar una secuencia didáctica motivante que permita a los estudiantes del Colegio Friedrich Nauman I.E.D del grado 10 apropiarse de manera significativa del concepto de torque. Este concepto se construye a partir de actividades y situaciones significativas, que apropian al estudiante de su proceso de aprendizaje, haciéndolo elemento activo. Para lograr este propósito se requiere de una secuencia que inicia con la fase de exploración de preconceptos respecto al reconocimiento de las magnitudes escalares y vectoriales, sus unidades, las operaciones vectoriales y su representación gráfica, para luego construir el concepto de torque, deducir las condiciones de equilibrio y finalmente analizar sus aplicaciones y solucionar problemas. La idea consiste en articular los conceptos y los procesos dados en los contenidos, con los intereses prácticos de los alumnos, que permitan mejorar el desarrollo de las habilidades de pensamiento que van desde categorías basadas en la igualdad y la diferencia, a la formación de categorías basadas en características abstractas que involucran otros atributos. (Vygotsky, 1995, p.169).

El trabajo se organiza en seis capítulos. El primer capítulo muestra el aspecto histórico epistemológico, haciendo énfasis en la palanca y su presencia a través de la historia. El segundo capítulo muestra el aspecto disciplinar del trabajo. Para el capítulo tres se describe la forma como se enseña actualmente este concepto, y algunas propuestas disponibles en la literatura y en la web. En el capítulo cuatro se explica la propuesta didáctica, el enfoque didáctico basado en el aprendizaje significativo y finalmente se describe la secuencia didáctica implementada. En el capítulo cinco se presentan los resultados, y en el seis se resumen las conclusiones y recomendaciones del trabajo. En los anexos se encentra el pre-test y las guías desarrolladas en cada sesión que conforma la secuencia didáctica.

Capítulo 1

Recorrido histórico de la palanca

Los inventos basados en la palanca se fueron desarrollando a lo largo de los siglos y tuvieron aplicaciones en diferentes campos, dentro de los cuales encontramos la medición, el transporte y en general en labores cotidianas. En la prehistoria se usaba la palanca de forma inconsciente, como en el hacha y el martillo, que por efectos de palanca logran amplificar el impacto del golpe; o en el transporte de materiales, cuando se usaban palos o cajones (como la narria) que se sujetaban con las manos en un extremo y se arrastraban por el suelo en el otro (Cervantes Mayá, 1996). Hacia el 2800 a. C. se empleaba en Egipto remos fijos apoyados en chumaceras o aros para la navegación por el Nilo. Más adelante, hacia el año de 2650 a. C. se emplea de forma habitual en Egipto y Mesopotamia la balanza de brazos móviles en cruz para la medición de la masa. En los años de 2600 y 2500 a. C. se utiliza la balanza para la construcción de las pirámides, y los artesanos de Mesopotamia emplean instrumentos más elaborados, como las pinzas.

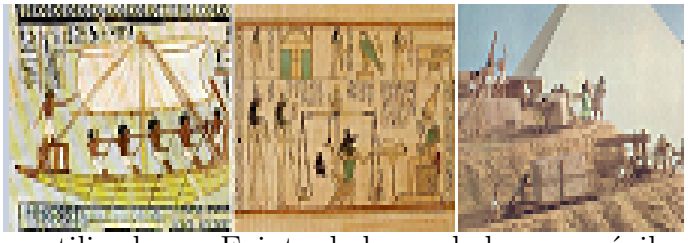


Figura 1.1: Remos utilizados en Egipto, balanza de brazos móviles en Mesopotamia y palancas para la construcción.(Josef Klima, 2007)

En el 2000 a. C. se utilizan palancas en el funcionamiento de las cerraduras en forma de llave. En el año 1550 a. C. se empieza a utilizar la palanca en Egipto y Mesopotamia en forma de cigoñal (Shadoof) para la extracción del agua de los ríos, extendiéndose rápidamente por todas las culturas fluviales. Eran grandes palancas que posteriormente evolucionarían hacia las grandes grúas egipcias. Hacia el 1000 a. C. ya se fabricaban tijeras de hierro para trasquilar ovejas. (Miravete A & Larrodé E. 2004).

Figura 1.2: Cigoñal (Shadoof) para la extracción del agua y tijeras de hierro.(TimeRime.com)

El descubrimiento de la palanca y su empleo en la vida cotidiana como ya se reseñó proviene de la época prehistórica. Sin embargo, el manuscrito más antiguo que se conserva donde se menciona la palanca forma parte de la Sinagoga o Colección matemática de Pappus de Alejandría, una obra en ocho volúmenes que se estima fue escrita alrededor del año 340. Allí aparece la famosa cita de Arquímedes: "Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo". (Nuñez V., 2010. Encrucijadas de la educación social.)

1.1. Arquímedes y la ley de la palanca

El estudio formal de los principios que rigen el comportamiento de la palanca inicia con Arquímedes (287-212 a. C), quien logra establecer su ley de equilibrio.

Arquímedes desarrolla su análisis matemático de la palanca en su obra "Sobre el equilibrio de los planos". Allí, la ley de la palanca se demuestra a partir de los principios de la mecánica estática, pero centrada en el caso particular del equilibrio estático. En el análisis de Arquímedes, los brazos de la palanca son vistos como líneas inmateriales, y los pesos como puntos geométricos. El fundamento de su demostración se basa en premisas establecidas por intuición o por simetría geométrica, y se resumen en las proposiciones y corolarios.

- Proposición 1: Pesos que se equilibran a iguales distancias son iguales.
- Proposición 2: Pesos desiguales a distancias iguales no se equilibrarán sino que se inclinarán hacia el lado del peso mayor.
- Proposición 3: Pesos desiguales se equilibran a distancias desiguales, el peso más grande estará a menor distancia que el peso más pequeño.
- Proposición 4: Si dos pesos iguales no tienen el mismo centro de gravedad, el centro de gravedad de ambos tomados conjuntamente está en el punto medio de la línea que une sus centros de gravedad.
- Proposición 5: Si tres magnitudes iguales tienen sus centros de gravedad sobre una línea recta a distancias iguales, el centro de gravedad del sistema coincidirá con el centro de gravedad de la magnitud ubicada en el punto medio.

- Corolario 1: Lo mismo es verdad para cualquier número impar de magnitudes, si aquellas que están a iguales distancias del punto medio son iguales, mientras la distancia entre sus centros de gravedad sean iguales.
- Corolario 2: Si hay un número par de magnitudes con sus centros de gravedad situados a iguales distancias sobre una línea recta y si las dos del medio son iguales, mientras que aquellas que equidistan entre sí (a cada lado) son iguales respectivamente, el centro de gravedad del sistema es el punto medio de la línea que une los centros de gravedad de los dos del medio. (Hernández G. M. & Prieto Perez J.,2007)

Es interesante visualizar gráficamente lo expresado en el Corolario 2, ya que es esencial en la demostración de la ley de la palanca. Los cuerpos indicados con letras mayúsculas iguales, en la Figura 1.3 , tienen pesos iguales. Dichos cuerpos están situados en posiciones simétricas respecto del eje de simetría que pasa por el punto medio ubicado entre los dos cuerpos centrales. Dicho eje de simetría, perpendicular a la línea que une todos los centros de gravedad de los cuerpos, determina el centro de gravedad del sistema.

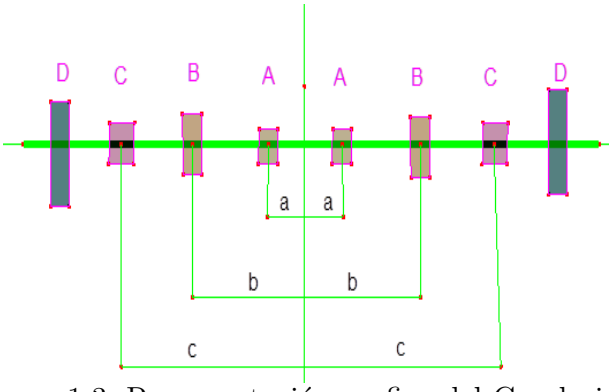


Figura 1.3: Representación grafica del Corolario 2.

1.1.1. Demostración de la ley de la palanca

Para demostrar la ley de la palanca miraremos la Proposición 6: Dos magnitudes, conmensurables entre sí, se equilibran a distancias inversamente proporcionales a sus magnitudes), cuando el cociente entre el peso mayor y el peso menor es un número entero. Observemos la Figura 1.4 y supongamos que las magnitudes (pesos) A y B son conmensurables y que los puntos a y b son sus centros de gravedad. Sea DE una recta que se ha dividido en el punto C formando dos segmentos de longitudes a y b, siendo EC de longitud a y CD de longitud b. Entonces, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se verifica la relación: $\frac{A}{B} = \frac{b}{a}$. Con esta relación se probará que si el cuerpo A se ubica en la posición E y el cuerpo B se ubica en la posición D, el punto C será el centro de gravedad común para esta relación.

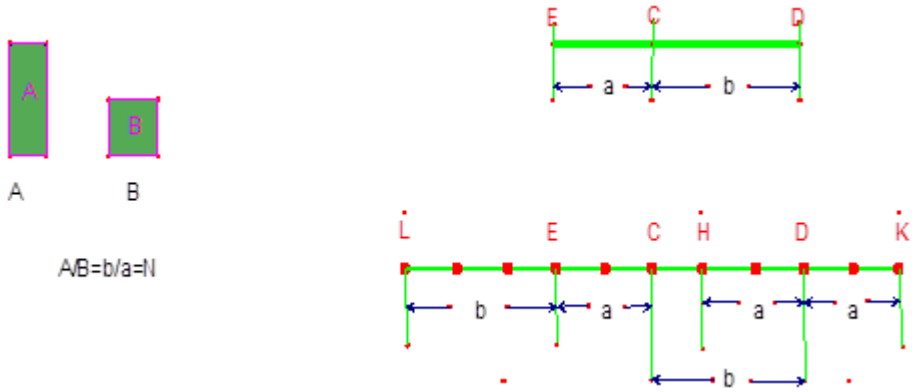


Figura 1.4: Representación grafica para la Demostración de la Ley de la Palanca.

Ahora bien, los pesos A y B son conmensurables, y también lo son las longitudes a y b, y con la misma proporción N. En efecto, observando los segmentos que se forman por HD y DK se establece que tienen la misma longitud que EC, siendo su medida igual a a. Por su parte, los segmentos LE y CD tienen la misma longitud b. Finalmente $EH = CD$, puesto que $HD = EC$ (figura 1.5). Entonces, tenemos

$$EH = a + CH \quad , \quad CD = b \quad , \quad b = a + CH \quad . \tag{1.1}$$

Ahora el segmento LH está dividido en dos partes iguales de longitud b, en el punto E, y el segmento HK está dividido en dos partes iguales, de longitud a, en el punto D. Tomemos una magnitud (peso) Z que esté contenida en el peso A, siendo su magnitud tantas veces como N está contenida en LH. De aquí concluimos que $\frac{A}{Z} = \frac{LH}{N}$. Por lo tanto, el peso Z está contenido un número entero de veces tanto en el peso A como en el peso B.

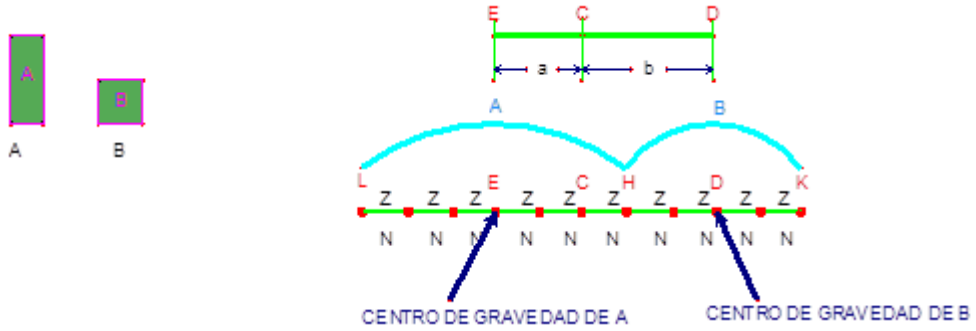


Figura 1.5: Demostración Ley de la Palanca.

Si dividimos tanto el segmento LH como el segmento HK en partes de igual longitud N y dividimos los pesos A y B en partes iguales a Z, como se muestra en la figura 1.5, la cantidad de partes en que quedará dividido el peso A será igual a la cantidad de partes en que quedará dividido el segmento LH. De igual modo, el peso B quedará dividido en una cantidad de partes iguales a Z y dicha cantidad será igual a la cantidad de partes en que quedará dividido el segmento HK. Como se puede observar, se ha distribuido el peso A a lo largo del segmento LH en forma simétrica respecto del punto E. Entonces, basados en El Corolario 2 de la Proposición 5 se puede afirmar

que E es el centro de gravedad de A. De igual forma, el peso B ha quedado repartido en partes iguales a lo largo del segmento HK, cuyo punto medio es D, siendo este el centro de gravedad para el peso B. Como C es el punto medio de LK, entonces C es el centro de gravedad de los pesos A y B tomados en forma conjunta. Por lo tanto, A actuando en E y B actuando en D estarán en equilibrio respecto al punto C. (Hernández G. M. & Prieto Perez J.,2007).

1.2. La palanca según la ciencia medieval

En la época medieval estuvieron presentes tres enfoques que permiten comprender y analizar el comportamiento de la palanca, abarcando el campo de la mecánica estática y la dinámica. Un primer enfoque estaba planteado a partir de análisis geométricos, un segundo enfoque, fundamentado en un análisis físico, donde se tiene en cuenta las propiedades de los materiales y sus tendencias naturales al movimiento, y un tercer enfoque peripatético que intenta resolver los problemas de la mecánica basado en la teoría dinámica de los cuerpos de Aristóteles, pero que tienen dificultades de precisión, pues no es claro en su formulación matemática.

En el siglo IX, el astrónomo y matemático Thãbit Ibn Qur realizó un análisis de la balanza romana basándose en el enfoque de la dinámica peripatética que fue de gran importancia por las demostraciones matemáticas que contenía (Folkerts & Lorch, 2007). El análisis realizado por este matemático se centra en el desplazamiento vertical que presenta la balanza romana, sin centrarse en los movimientos circulares de los extremos de la palanca alrededor del fulcro. Para su formulación se basó en el principio de los desplazamientos virtuales, llegando finalmente a la conclusión de que si una fuerza eleva a un peso P, hasta una altura H, la misma fuerza elevara un peso kP hasta una altura $\frac{H}{k}$. Por medio del principio de Thãbit Ibn Qur Qurra se logra deducir la ley de la balanza romana, y se concluye que el producto del peso por la altura $P \times H$ (donde P es el peso y H la altura) es el trabajo que realiza la fuerza para elevar un cuerpo. Este concepto es el mismo que se maneja actualmente (Solís & Sellés, 2005).

1.3. La contribución del Renacimiento

Con los trabajos de los científicos Fibonacci y Jordano se evidencia el surgimiento de la invención matemática aplicada a los fenómenos mecánicos. Para el siglo XVI, en Italia surgen dos escuelas mecánicas inspiradas en autores de la Antigüedad (Solís & Sellés, 2005). La primera escuela, receptora de la tradición arquimediana, fue desarrollada por los matemáticos de Urbino, quienes se caracterizaban por el rigor de la prueba. Dentro de los autores de esta corriente encontramos a Commandino y sus discípulos Guidobaldo y Baldi. En su campo de estudio se centraron en la estática y el estudio geométrico de los centros de gravedad. La segunda escuela se desarrolló en el norte de Italia, y aunque fue desarrollada por matemáticos como Tartaglia, Cardano y Benedetti, se centró en los principios dinámicos de máquinas que aprovechaban fuentes débiles de movimiento pero que eran eficientes.

Por su parte, Leonardo Da Vinci (1452-1519) completa los trabajos de Arquímedes introduciendo el concepto de momento y aplicándolo al equilibrio de los cuerpos rígidos (Willian Riley, 1995. Ingeniería Mecánica estática). Este es el panorama a la llegada de Galileo.

1.4. Demostración de Galileo

Como estudiante de matemáticas, Galileo fue deslumbrado por los trabajos de Arquímedes, que usaban relaciones matemáticas para predecir el movimiento algunos cuerpos, como en el caso de la palanca. Luego, como profesor, Galileo tuvo que reproducir con frecuencia la demostración de Arquímedes, pero lo que en realidad hacía era una versión propia de dicha demostración. Consideremos una barra sin peso de la cual cuelgan 6 unidades equidistantes de igual peso. La barra está suspendida de su punto medio C , por lo tanto, en equilibrio. Las 6 unidades están suspendidas de los puntos medios de 6 segmentos iguales en que ha sido dividida la barra (Damerow & McLaughlin, 2003). Esta situación se ilustra en la Figura 1.6.

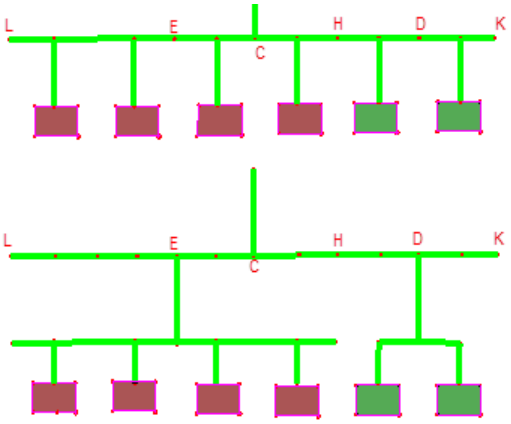


Figura 1.6: Diagrama representativo sobre la Idea clave de la prueba.

Seis unidades de peso están distribuidas de la siguiente manera: cuatro unidades que forman el cuerpo A (cuadros rojos) y dos unidades que formaran el cuerpo B (cuadros en color verde). Estas seis unidades están situadas en el centro de gravedad de cada una de las seis secciones de longitudes iguales en que se ha dividido la barra. Ahora el cuerpo A (cuadros rojos) se cuelga de una barra adicional que está suspendida de la primera barra en la posición E, manteniendo su posición relativa. Hacemos lo mismo con las 2 unidades que forman el cuerpo B (cuadros verdes). Entonces el equilibrio se mantiene, si las barras adicionales se suspenden de sus respectivos puntos medios

E y D.

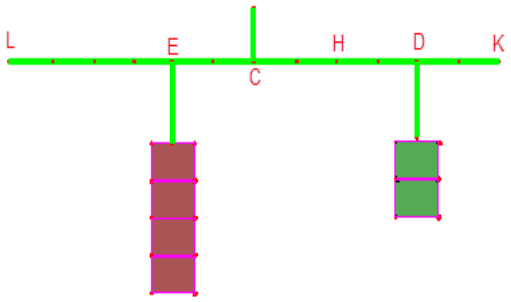


Figura 1.7: Representación cuando la distancia de los brazos de la palanca son desiguales al igual que sus pesos según La idea clave de la prueba.

Una tercera consideración que logra deducir Arquímedes es cuando se considera que el equilibrio no se modificará, si todo el cuerpo A se suspende del punto E y todo el cuerpo B se suspende del punto D (Assis, 2008). "Llegando al caso particular en que un cuerpo de 4 unidades de peso ubicado a una distancia de 1 unidad del punto de suspensión C está equilibrado por un cuerpo de 2 unidades de peso ubicado a una distancia de 2 unidades". Esta es la premisa fundamental que le permite a Arquímedes demostrar la ley de la palanca (Daniel S.Vaccaro., 2008).

1.5. Newton

El problema de la palanca halla una explicación total en la dinámica de Newton. El equilibrio estático se consigue entonces si la suma de fuerzas y la suma de torques dan cero. Esta última condición fija la ley de la palanca, como veremos más adelante.

Capítulo 2

Aspecto Disciplinar del Concepto de Torque

El concepto de torque está ligado al el movimiento de rotación que experimenta un cuerpo rígido bajo fuerzas externas. En efecto, el movimiento de un cuerpo rígido se puede separar en el movimiento de traslación de su centro de masa y en el de rotación alrededor de ese centro de masa. Si la rotación ocurre alrededor de un eje fijo, el problema se simplifica enormemente. Este caso simplificado es el más importante para comprender el funcionamiento de las máquinas simples, y es el que tratamos en la educación media.

2.1. Torque o momento de una fuerza

Tome un cuerpo sólido (Figura 2.1) y determine un punto respecto al que pueda girar. Si el cuerpo es sometido a la acción de una fuerza F, que se espera lo logre girar, se produce un torque. El torque producido por esta fuerza es una medida de qué tanto ayuda la fuerza aplicada para cambiar la velocidad de giro del cuerpo. Si un cuerpo está en reposo y el torque total es diferente de cero, comienza a girar. Si ya está rotando comienza a aumentar o disminuir su velocidad de giro. El torque siempre tiene que ver con la velocidad de giro, de la misma manera que la fuerza tiene que ver con el cambio de la velocidad.

En la Figura 2.1 se representa una llave sobre la cual se aplica una fuerza F en el punto P. En la figura, r corresponde a la distancia entre el eje de rotación O y el punto de aplicación de la fuerza; mientras que θ es el ángulo que forma la fuerza con la línea OP. Descompongamos la fuerza en dos componentes: una $F \parallel = F\cos\theta$ paralela a la línea OP y otra $F \perp = F\sin\theta$ perpendicular a dicha línea . Si solo actuara $F \parallel$, es claro que la llave no giraría. En cambio, si solo actúa $F \perp$, la llave gira. Esto nos lleva a concluír que solo las componente de la fuerza perpendicular al punto de aplicación contribuye al torque. Por su parte, una tuerca es más fácil de hacer comenzar a girar con una llave de mango más largo que con una de mango más corto. Por lo tanto, el torque ejercido por la fuerza es

$$\tau = rF\sin\theta \tag{2.1}$$

En el SI el torque se expresa en N. m.

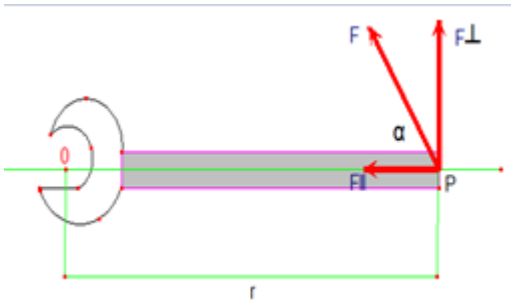


Figura 2.1: Torque o momento de fuerza: sentido contrario a las manecillas del reloj es positivo.

Cuando comparamos los efectos de rotación producidos por la fuerza F representadas en la Figura 2.2, y en la Figura *a* encontramos que tales efectos se producen en sentidos contrarios, lo cual hace necesario que consideremos los torques positivos o negativos según sea el sentido de la rotación que produce la fuerza aplicada. Si la fuerza aplicada produce una rotación en dirección contraria al movimiento de las manecillas del reloj, consideramos que el torque es positivo (Figura 2.2), en caso contrario el torque es negativo, (Figura *a*).

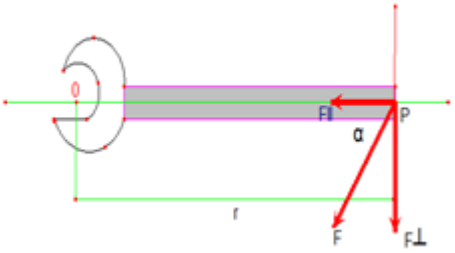
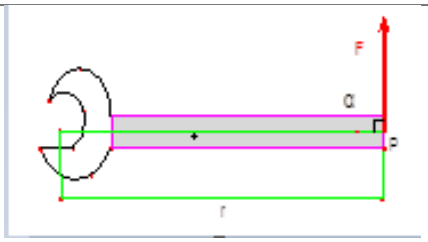


Figura 2.2: Torque o momento de fuerza: sentido de las manecillas del reloj es negativo.

A continuación se representan tres casos (Figuras *a*,*b* y *c*) para el cálculo de Torque.

Situación	Descripción física
 $\tau = r \cdot F$. Figura a.	Si la fuerza aplicada es perpendicular a la linea que une el eje de rotación y el punto de aplicación de la fuerza, entonces obtenemos: $\tau = r \cdot F \cdot \sin\theta$ $\tau = r \cdot F \cdot \sin 90$
 $\tau = 0$ Figura b.	Si la fuerza aplicada es paralela a la linea que une el eje de rotación y el punto de aplicación de la fuerza, se tiene que: $\tau = r \cdot F \cdot \sin\theta$ $\tau = r \cdot F \cdot \sin 0$ $\tau = 0$
 $\tau = 0$ Figura c.	Si la fuerza aplicada es paralela a la linea que une el eje de rotación y el punto de aplicación de la fuerza, se tiene que: $\tau = r \cdot F \cdot \sin\theta$ $\tau = r \cdot F \cdot \sin 0$ $\tau = 0$ r es igual a 0

Cuadro 2.1: Valor del torque de acuerdo con la dirección de la fuerza aplicada y la distancia del punto de aplicación al eje de giro.

El torque se puede calcular de otra manera, equivalente con la anterior. Si trazamos una línea imaginaria en la dirección de la fuerza llamada línea de acción de la fuerza y otra desde el punto de giro O que sea perpendicular a la línea de acción de la fuerza, podemos definir el brazo de palanca o brazo de fuerza b como la distancia del pinto de giro O a la línea de acción dela fuerza $b = r \sin\theta$. Por lo tanto, es posible concluir que la magnitud del torque es $\tau = F \times b$.

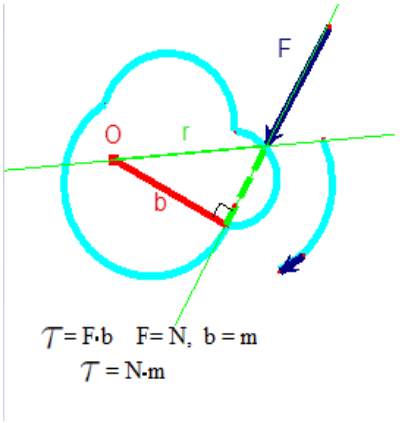


Figura 2.3: Cuerpo solido bajo la acción de una fuerza F.

El efecto neto del torque es el de cambiar la velocidad de giro $\omega = d\theta/dt$. Si no hay torques, el cuerpo permanece en reposo o con velocidad de giro constante.

2.2. Condiciones de equilibrio para cuerpos rígidos

Para que un cuerpo que esté en reposo permanezca en reposo, se necesitan dos condiciones: que la suma de fuerzas sea cero y que la suma de torques sea cero.

Como ejemplo, considere la Figura 2.4, en la que se representa una barra homogénea de longitud L sujeta a una pared mediante un pivote. Una cuerda que forma con la barra un ángulo a la sostiene por el otro extremo. Para que el centro de masa de la barra no inicie a moverse,se debe cumplir que la suma de las fuerzas que actúan sobre ella sea igual a cero, $\sum F_N = 0$.

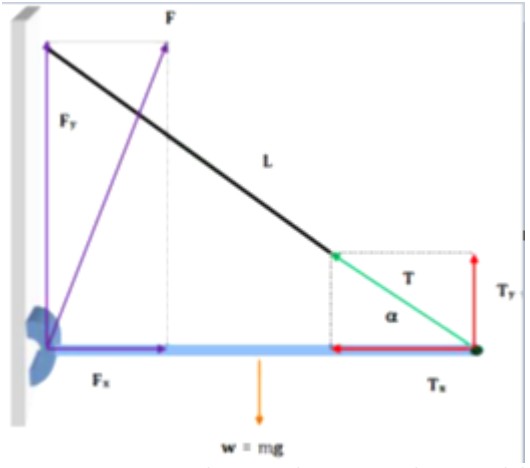


Figura 2.4: Ejemplo condiciones de equilibrio.

Además, como la barra no inicia movimiento de rotación, las sumas de los torque producidas por las fuerzas que actúan sobre ella es igual a cero $\sum T = 0$. Esto es equivalente a afirmar que, la suma de los torques de las fuerzas que producen rotación en el sentido de las manecillas del reloj, es igual a la suma de los torques de las fuerzas que producen rotación en sentido contrario a las manecillas del reloj. Con estas dos condiciones, se puede deducir el movimiento de la varilla.

2.3. Máquinas simples

La maquinas simples son dispositivos mecánicos, tales como un sistema de palancas o poleas, que cambia la magnitud o dirección de una fuerza. (Alan H. Cromer, 2006). El hombre las construye con el objetivo de reducir el esfuerzo necesario para realizar alguna actividad, logrando situaciones que serian imposibles de llevar a cabo sin la ayuda de una maquina, como por ejemplo: mover rocas enormes, elevar un automóvil para repararlo, transportar objetos o personas a grandes distancias y en general resolver gran número de problemas que el medio le propone. Su objetivo no siempre es el de reducir la fuerza necesaria para realizar un trabajo, pues a veces se está interesado es en aumentar la amplitud de un movimiento, aún a costa de aumentar la fuerza. Sin embargo, aunque cambien las fuerzas y los desplazamientos, el trabajo realizado es siempre el mismo.

Las maquinas simples aparecen en muchas herramientas de uso cotidiano, como: cuchillo, pinzas, rampa, cuña, polea simple, rodillo, rueda, manivela, torno, hacha, pata de cabra, balancín, tijeras, alicates, llave fija y otros más. Para el presente trabajo se tendrán en cuenta solo algunas maquinas simples relacionadas con el concepto de torque, como son: la palanca, la polea y el tornillo.

2.4. La palanca

Es una máquina simple que está compuesta por una barra rígida que puede girar libremente alrededor de un punto de apoyo llamado fulcro o punto de rotación. En esta máquina simple se busca que al aplicar una fuerza (Potencia) a una distancia Bp, se logre vencer una fuerza resistiva (Resistencia).

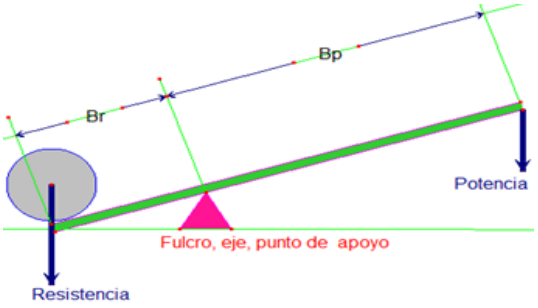


Figura 2.5: Elementos de una palanca.

2.4.1. Elementos de una palanca

Sobre la barra rígida que constituye una palanca actúan tres fuerzas:

Potencia (P): es la fuerza que se aplica con el fin de obtener un resultado; ya sea manualmente o por medio de motores u otros mecanismos.

Resistencia (R): es la fuerza que se va a vencer, se ejerce sobre la palanca por el cuerpo a mover. La magnitud es equivalente, a la fuerza transmitida por la palanca a dicho cuerpo, esto debido a la segunda ley de Newton (acción y reacción).

Fuerza de apoyo: es la fuerza ejercida por el fulcro sobre la palanca. Su magnitud al no tener en cuenta el peso de la barra, es igual a la suma de las anteriores, pero en dirección opuesta, lográndose mantener la palanca sin desplazamiento en el punto de apoyo, sobre el que rota libremente.

Brazo de potencia (Bp): es la distancia entre el punto donde se aplica la fuerza (potencia) y el punto de apoyo.

Brazo de resistencia (Br): distancia entre el punto donde se encuentra la fuerza de resistencia y el punto de apoyo.

Dependiendo la posición donde se encuentren los elementos (punto de apoyo, resistencia y potencia) de la palanca existen tres clases de palancas:

2.4.2. Palanca de primer género

En la palanca de primer género, el fulcro se encuentra situado entre la potencia y la resistencia. La potencia puede ser menor que la resistencia, disminuyendo la velocidad que se trasmite y la distancia que recorre la resistencia. Esto sucede si el brazo de la potencia Bp es de mayor longitud que el brazo de resistencia Br. Por el contrario, si ubicamos el fulcro a una distancia mas proxima a la pontencia de manera que Bp sea menor que Br, se logra que aumente la velocidad con que se trasmite la fuerza y la distancia que se recorre.

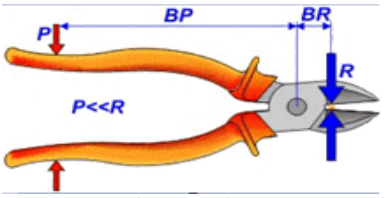


Figura 2.6: Palanca de primer género.

Ejemplos de este tipo de palanca son el balancín, las tijeras, las tenazas, los alicates o la catapulta (para ampliar la velocidad). En el cuerpo humano se encuentran varios ejemplos de palancas de primer género, como el conjunto tríceps braquial - codo - antebrazo.

2.4.3. Palanca de segundo género

En la palanca de segundo género, la resistencia se encuentra ubicada entre la potencia y el fulcro. La potencia o fuerza aplicada en este caso es siempre menor que la fuerza de resistencia. Sin embargo, se disminuye la velocidad con que se trasmite la fuerza y la distancia que recorre la resistencia.

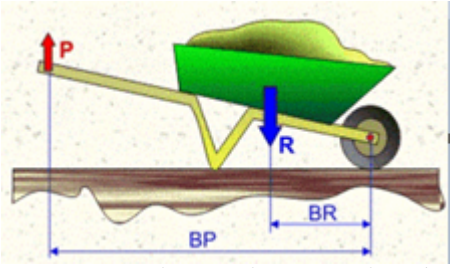


Figura 2.7: Palanca de segundo género.

Ejemplos de este tipo de palanca son la carretilla, los remos y el cascanueces.

2.4.4. Palanca de tercer género

En la palanca de tercer género, la potencia se encuentra entre la resistencia y el fulcro. Para estas palancas la fuerza aplicada es mayor que la resultante (aplicada a la resistencia). En este caso aumenta la velocidad de trasmisión de la fuerza al objeto o la distancia que se recorre por él.

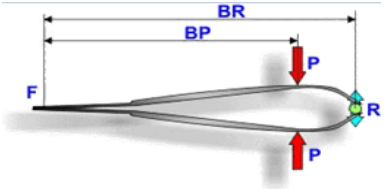


Figura 2.8: Palanca de tercer género.

Ejemplos de este tipo de palanca son la pinza de cejas y en el cuerpo humano, el conjunto codo - bíceps braquial - antebrazo, y la articulación temporomandibular.

2.4.5. ¿En qué se basa la Ley de las Palancas?

La ley de la palanca se deduce directamente de la condición de equilibrio rotacional, $\sum T = 0$. Si la palanca está quieta, y se quiere hacer comenzar a girar, se requiere que la suma de torques sobrepase ligeramente la condición de equilibrio. Para una palanca en posición horizontal, con fuerzas de potencia y de resistencia perpendiculares a la línea de la palanca, esto da

$$P \times Bp = R \times Br \quad , \tag{2.2}$$

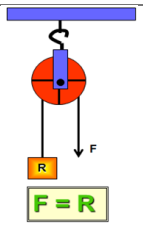
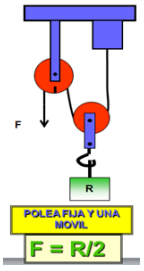
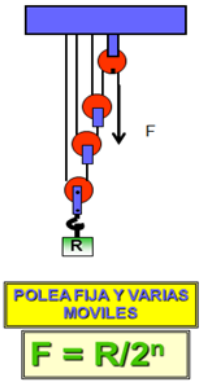
que es la ley de la palanca.

Figura 2.9: Ley de la Palanca.

2.5. Polea

La polea es una rueda que puede girar alrededor de un eje fijo que pasa por el centro, en su periferia tiene una hendidura por la que corre una cuerda o una cadena. Las poleas sirven para levantar objetos, el peso a levantar se llama resistencia y la fuerza aplicada potencia. En la figura 15 se representa la relación entre la fuerza de resistencia y la fuerza que aplica o potencia $F = R$. Las poleas pueden ser fijas o móviles, teniendo en cuenta si el eje permanece estático o por el contrario se mueve.

Una forma para disminuir la fuerza que se debe aplicar sobre un sistema mecánico para mover un objeto se logra combinando las poleas, como se representa en la figura b y c.

Tipo de Polea	Descripción física
 Figura *a*.	Polea Fija. Cuando hay una polea fija la magnitud de la fuerza es igual a la magnitud del peso.
 Figura *b*.	Polea Fija y Móvil. Cuando hay una polea fija y una móvil la magnitud de la fuerza se reduce a la mitad
 Figura *c*.	Polea Fija y varias móviles. Cuando hay una fija y varias móviles se le llama polipastos. La fuerza resultante está dada por $F = R/2^n$, donde n es la cantidad de poleas móviles.

Cuadro 2.2: Tipos de sistemas de poleas.

2.6. Tornillo

Un tornillo es una maquina simple, de la cual se derivan maquinas mucho más complejas. Un tornillo es básicamente un plano inclinado enrollado a lo largo de un eje, de tal forma que sus ventajas mecánicas se consiguen de igual forma que un plano inclinado. Para que un tornillo entre en una superficie como una pared, hay que hacerlo girar muchas veces para avanzar un poco. Sin embargo, la fuerza que se necesita para dar cada vuelta es menor que la que se necesita para clavar el tornillo sin girarlo.

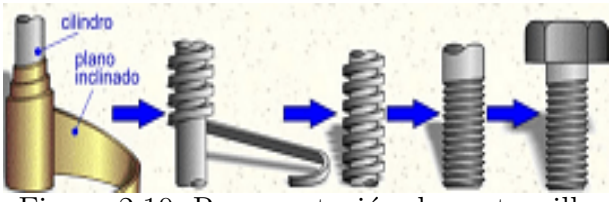


Figura 2.10: Representación de un tornillo.

Se emplea para sujetar chapas (lavadoras, neveras, automóviles) o piezas diversas (juguetes, ordenadores) sobre estructuras.

2.7. Momento de Inercia

Cuando un objeto real gira alrededor de algún eje, su movimiento no se puede analizar como si fuera una partícula, porque en cualquier instante, diferentes partes del cuerpo tienen velocidades y aceleraciones distintas. Por esto es conveniente considerar al objeto real como un gran número de partículas, cada una con su propia velocidad y aceleración. El análisis se simplifica si se considera al objeto real como un cuerpo rígido.

Ahora podemos expresar el torque como el producto vectorial entre la fuerza aplicada y el brazo de la fuerza.

$$\tau = F \times r \tag{2.3}$$

La magnitud del producto $\tau = F \cdot r \cdot \sin\theta$ que produce rotación en dirección hacia afuera del papel, es igual a $\tau = F \cdot r$, si $\theta = 90$.

Por la segunda ley de Newton, tenemos que $F = m \cdot a$. Entonces

$$\tau = m \cdot a \cdot r \quad . \tag{2.4}$$

Por su parte, la aceleración angular α y la aceleración tangencial a están relacionadas como $a = r \cdot \alpha$. Por lo tanto,

$$\tau = m \cdot \alpha \cdot r \cdot r = I\alpha \quad , \tag{2.5}$$

donde $I = mr^2$ se conoce como el *momento de inercia*. Como vemos, el momento de inercia juega el papel de la masa, en esta segunda ley de Newton para el movimiento rotacional.

Si un cuerpo rígido está formado por muchas masas, el momento de inercia total es simplemente la suma de los momentos de inercia de todas ellas,

$$I = \sum_i m_i r_i^2 \quad . \tag{2.6}$$

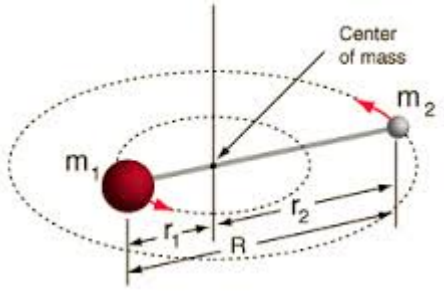


Figura 2.11: Momento de inercia.

Capítulo 3

Aspecto Pedagógico

3.1. Como se enseña el concepto de torque y su relación con las maquinas simples.

Actualmente resulta complejo lograr interesar a los estudiantes en el estudio de la ciencia y además obtener buenos resultados, esto es un problema multisistemico que necesita ser intervenido en varios frentes. Desde la práctica pedagógica, hay una continua búsqueda de estrategias, sustentadas en diferentes enfoques metodológicos, los cuales han sido llevados a la práctica en algunos contextos escolares.

Particularmente en el caso de la física, el proceso de enseñanza-aprendizaje de los conceptos se está trabajado mediante el diseño de secuencias didácticas donde incorporan estrategias que se construyen y pueden ser adaptadas a los colegios según su contexto (Sánchez R. G., 2008). En el caso del concepto de torque se destacan algunas tesis de grado que se mencionan mas adelante.

Los estudiantes comúnmente están familiarizados con la aplicación del concepto de giro (torque), ya que se utiliza a diario por ejemplo la bicicleta, el abrir una puerta o en el movimiento de las articulaciones del cuerpo. El estar familiarizado con situaciones donde está presente el comportamiento mecánico de torque es ciertamente una ventaja, para acercarlos al concepto formal que da la Física, pero esto implica el reconocimiento de sus preconceptos. El reconocimiento de los preconceptos constituye una información valiosa en el desarrollo de la secuencia didáctica para enseñar el concepto de torque y las condiciones de equilibrio. En el artículo de (M. Fonseca, 2007) se hace un desarrollo muy pertinente en donde se reconocen algunas de las ideas que traen los estudiantes sobre este concepto.

Existen problemas relacionados con la enseñanza del concepto torque según la experiencia del autor del presente trabajo y la de algunos colegas. Algunas dificultades de los estudiantes cuando se comienza a trabajar el concepto son:

- No manejan el concepto de fuerza y su representación en los diagramas de cuerpo libre.
- Dificultad en el manejo del concepto de vector y sus operaciones.

- Se asume que todo se equilibra en el centro.
- Se tiende a confundir fuerza con torque y se desconoce la existencia del brazo de fuerza.
- Hay dificultad para reconocer el eje de giro y más aun descomponer fuerzas y brazos de fuerza, vectorialmente.
- Hay alguna confusión en el manejo de la proporcionalidad inversa entre el brazo de palanca y la fuerza.

Sumado a lo anterior la enseñanza tradicional desarrolla en los estudiantes, unos contenidos teóricos y las experiencias de laboratorio en forma separada. Los conceptos se enseñan a través de exposiciones o cátedras y la práctica se relega a algún experimento de laboratorio.

Esto conduce a un aprendizaje superficial y pone en evidencia la memorización y la repetición de eventos. Como consecuencia de lo anterior, se orienta la enseñanza hacia una simple memorización y los estudiantes no pueden hacer uso del conocimiento cuando lo requieren. En general, la enseñanza tradicional de la física tiene algunos elementos positivos pero lleva a los estudiantes a memorizar procesos y formulas (ecuaciones) y se descuida el desarrollo de habilidades de pensamiento (Greenberg, 2008), lo que refuerza la necesidad de construir nuevos modelos y experiencias didácticas en donde el estudiante se apropie del conocimiento siendo protagonista activo de su propio aprendizaje.

3.2. Investigaciones acerca de la enseñanza del Torque.

De la literatura consultada, relacionada con la enseñanza y aprendizaje del concepto de Torque y de la construcción de secuencias didácticas se tomaron como referentes, investigaciones que se han desarrollado a nivel de educación básica y media. Seis investigaciones muy significativas para el trabajo son las siguientes:

PROPUESTA DE UNA ACTIVIDAD FUNDAMENTADA DESDE LA ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS CON APOYO DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DE LOS PRINCIPIOS FÍSICOS DE FUERZA, TORQUE Y SISTEMAS DE PALANCAS. Francis-Poly Alejandra Costa González y Raúl Vladimir

Valenzuela Hernández. Santiago de Chile 2012.

Tesis en donde se diseña e implementa una estrategia didáctica desde el Aprendizaje Basado en Problemas, para el estudio de conceptos físicos de fuerza, torque y sistema de palancas, relacionándolo con el área de biología ya que se utiliza el brazo humano para su desarrollo. El objetivo de esta investigación es conocer como el alumno se desempeña frente a la nueva estrategia didáctica.

En la primera parte, se investiga sobres los intereses y conocimientos que tienen estudiantes que ya vieron los temas; fuerza, torque y sistemas de palancas. Los resultados obtenidos a partir del análisis del estudio, revelaron que un gran porcentaje de alumnos y alumnas no les gusta como son tratados los contenidos antes mencionados y además, presentaban deficiencias en los conocimientos, así mismo los estudiantes revelan la poca utilización de recursos didácticos en el desarrollo de las clases, que le permitieran realizar una conexión entre los contenidos y la vida cotidiana para generar un aprendizaje significativo, interrelacionado y transversal.

En una segunda instancia se aplicó la estrategia pedagógica de Aprendizaje Basado en Problemas. Esta actividad se diseñó en conjunto con el profesor de biología, se construyó un brazo humano, simulando los principales huesos y músculos involucrados en el movimiento de flexión y extensión para relacionarlos con los conceptos de fuerza, torque y sistemas de palancas, de manera que los estudiantes pudieran investigar y desarrollar conocimiento a partir de un problema planteado interactuando con dicho material.

En una tercera etapa se observaron los resultados obtenidos de la implementación de la estrategia desde el Aprendizaje Basado en Problemas, el cual permitió, después de un análisis, obtener la percepción de los alumnos frente a la estrategia implementada y verificar la eficiencia de la estrategia, observando mayor interés y dominio de los conceptos evidenciado en el área de física.(Hernández, 2012)

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE PALANCAS COMO MÁQUINAS SIMPLES A ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA, EN EL MARCO DE UNA PEDAGOGÍA DE LA IMAGINACIÓN Omar Gilberto Roa Rivera Universidad Nacional de Colombia 2014

Tesis de grado donde se muestra la importancia de la palanca desde una visión epistemológica e histórica. Todo el recorrido planteado tiene como función reconocer y entender la influencia que tuvo la palanca en la evolución del ser humano, procurando de esta manera relacionar la historia de ésta máquina con la enseñanza de las nociones y conceptos que en ella se encuentran involucrados.

Para los procesos de enseñanza y de aprendizaje se siguió el modelo pedagógico del Museo de la Ciencia y el Juego de la Universidad Nacional de Colombia, en el cual se establecen procesos de mediación y recontextualización que facilitan el uso de la comunicación como acto educativo. El diseño de estrategias y actividades se realizó desde la mirada del modelo pedagógico pedagogía de la imaginación, teniendo en cuenta tres elementos fundamentales para procesos de enseñanza y de aprendizaje según el contexto: Visualización, Imaginación y Narración.

Se desarrolló la secuencia didáctica haciendo énfasis en lo propuesto por la pedagogía de la imaginación, en la cual los estudiantes en su proceso de aprendizaje deben visualizar, imaginar y narrar, dando cuenta de tópicos que aprendieron. Al final los resultados según el autor, muestran que la propuesta diseñada e implementada apoyada en la visión que tiene la pedagogía de la imaginación fue acertada, debido a que se notaron cambios significativos en el uso del lenguaje, referente al uso de términos propios del tema desarrollado durante toda la propuesta (Roa, 2014).

DISEÑO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA ROTACIÓN DE UN CUER-

PO RÍGIDO: EL CASO DEL MOMENTO DE UNA FUERZA O TORQUE JOSÉ DAVID MUÑOZ ACEVEDO Universidad del Valle 2014

Este trabajo hace una propuesta de unidad para la enseñanza del concepto de rotación de un cuerpo rígido. En él se encuentran seis guías de trabajo para los estudiantes y seis guías para el profesor con las respectivas soluciones y orientaciones didácticas de cada una de las guías del estudiante. Este instrumento no ha sido puesto a prueba. En él se definen los roles que deben desempeñar el profesor y el alumno en el proceso de enseñanza- aprendizaje. El profesor debe ser el facilitador del aprendizaje y el estudiante debe ser sujeto activo en el proceso.

El maestro presenta antes de las actividades una orientación sobre la importancia de este tema y los objetivos a alcanzar en cada uno de las guías. Esto le permitirá al estudiante conocer los puntos de llegada y aprovechar eficientemente al profesor para abordarlo cada vez que pierda el rumbo respecto a los objetivos planteados en cada una de las guías. El estudiante se hace responsable de su aprendizaje de una manera autónoma.

Por último la metodología utilizada en este trabajo se compone de diversas actividades que incluyeron, una revisión bibliográfica especializada en temas como: la enseñanza de la física y el diseño de unidades didácticas.(Muñoz, 2014).

TEACHING AND LEARNIG LABORATORY

`http://tll.mit.edu/help/torque`

Es una plataforma virtual que funciona como apoyo educativo en las áreas de ciencias e ingeniería en el Massachusetts Institute of Technology. Dentro de los temas que se tratan en el módulo de ciencias las explicaciones se dan mediante un video y una serie de actividades teniendo como caso particular el concepto de torque.

En el video se dan una serie de ejemplos y se proponen distintas actividades para comprender los conceptos de torque y equilibrio. El primer tema a tratar es el balance en el cuerpo humano en el que los estudiantes deben realizar actividades en parejas, aportar ideas para entender lo que ocurre en cada ejercicio y resolver problemas mientras el video avanza.

Se espera que al finalizar el video los estudiantes puedan dibujar diagramas de torque, puedan formular problemas relacionados con el torque, y determinar las condiciones para que un cuerpo se encuentre en equilibrio. Durante el video se deben realizar pausas para que los estudiantes realicen las actividades propuestas y comparen sus resultados con los del video.

El video viene acompañado de una guía para el instructor en la que se explica detalladamente el contenido del video, cómo usarlo en la clase, los objetivos de aprendizaje, la experiencia que tendrán los estudiantes, los conceptos claves, actividades que pueden realizarse previas al video y como apoyo después del mismo. (Technology, 2014)

SOPHIA

`http://www.sophia.org/`

Es una página dedicado al diseño de secuencias para el aprendizaje y la enseñanza de diferentes temáticas de las ciencias. En esta página web hay una secuencia dedicada a la enseñanza del torque diseñada por Parmannad Jagnand.

A continuación puedes acceder a la página `http://www.sophia.org/concepts/introduction-to-torque`, donde encontrara las actividades y conceptos sobre torque.

La secuencia costa de seis sesiones, cada una de ellas comienza con una prueba de entrada para hacer un diagnóstico sobre el nivel de manejo de los conceptos que se trabajaran en la sesión. Las sesiones son, introducción al torque, torque y Fuerza, la palanca, definición Matemática del palanca, calculo del torque, solución de problemas sobre Torques.

Esta secuencia presenta una clara organización para abordar el concepto de torque, manejarlo y ver la aplicación en las palancas, para finalmente solucionar preguntas y problemas de diferente complejidad.

El objetivo de Sophia es proporcionar una comprensión clara de los conceptos físicos de las ciencias, relacionándolos con las ideas elementales. Se quiere asegurar que las secuencias que proporcionan, hagan que lo que parecen ser ideas muy complejas, sea mucho más accesible y apreciado por quien lo consulta, generando conocimiento y despertando el interés por seguir consultando.(Jagnand, 2014).

SECUENCIAS DIDÁCTICAS EN CIENCIAS NATURALES PARA EDUCACIÓN BÁSICA: Programa fortalecimiento de la cobertura con calidad para el sector educativo rural PER II. Ministerio de Educación Nacional 2013.

El ministerio de educación presenta en una cartilla secuencias didácticas para diferentes temas de las ciencias a nivel de básica primaria. Las secuencias didácticas de ciencias naturales fueron elaboradas a partir de la metodología de enseñanza por indagación, un abordaje que se inscribe dentro de la línea constructivista del aprendizaje activo y bajo la guía del docente posiciona a los estudiantes como activos generadores de conocimiento escolar.

Cada una de las secuencias parte de una pregunta central, cuya formulación pueda generar interés de los estudiantes, movilizar sus conocimientos previos, centrar la atención en la temática que se quiere abordar y por supuesto, promover la indagación.

De la pregunta central se desprenden preguntas guía que tienen el propósito de conducir gradualmente a los estudiantes en la construcción de saberes.

En cada sesión los estudiantes tendrán momentos específicos de trabajo. Es muy importante, además, anotar que aunque estas secuencias proporcionan pistas valiosas a los maestros para el diseño de situaciones de enseñanza, proponen una manera de ensenar ciencias naturales.

Para el Grado cuarto se propone una secuencia didáctica en el tema de las Palancas. Esta secuencia didáctica aborda el tema de máquinas simples, específicamente las palancas, sus características, tipos y aplicaciones. Las actividades propuestas giran alrededor de la pregunta: ¿En qué se parecen una balanza, una carretilla y unas pinzas?, de manera que los estudiantes adquieran los elementos conceptuales necesarios para identificar que, aunque en apariencia son radicalmente diferentes, estas herramientas están elaboradas a partir de tres elementos comunes: el punto de apoyo, la fuerza de potencia y la fuerza de resistencia.

PROPUESTA DIDACTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE TOR-

QUE A PARTIR DE LOS MANUSCRITOS DE LEONARDO DA VINCI

Héctor José Castro Escupirán. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.2000.

La propuesta didáctica se basa en el estudio detallado de los manuscritos dejados por Leonardo Da Vinci en sus famosos códices; se escogió un diseño de maquina con la suficiente complejidad, para ser analizado inicialmente por el docente y luego por el estudiante.

En el trabajo de planeación, el profesor sustraerá del diseño los elementos y materiales que el crea conveniente para el desarrollo y construcción del conocimiento del estudiante. Así mismo el estudiante analizara la estructura mecánica del dibujo y aplicara su razonamiento mecánico para explicar su funcionamiento y los posibles usos en la vida cotidiana.

Se explora las diferentes cualidades que posea el estudiante, ya sea en el campo social, técnico y científico y a partir de este reconocimiento se fortalecen en el desarrollo de la clase.

Escogen un diseño con un gran surtido de mecanismos, los cuales ayudan en la explicación de los Torques además de otros temas como: movimiento circular uniforme, fuerza, energía y magnitudes angulares.

El profesor sigue cuatro pasos en la aplicación de la secuencia:

En el primero, el docente investigara sobre el diseño y creara un modelo a escala.

En el segundo paso, el trabajo del docente consistirá en realizar una actividad con los estudiantes, donde ellos tendrán la tarea de analizar detalladamente el diseño y hacer un escrito en el cual responda a las siguientes preguntas:

¿Qué es y explicar cómo funciona?, ¿Para qué piensa que sirve este mecanismo?

¿Con base a sus conocimientos físico-matemáticos explique la teoría de su funcionamiento?

El tercer paso es realizar la clase con el tema que se va abordar, en este caso torques basándose en el diseño dibujado, aprovechando que el estudiante ya está inmerso en el análisis de la máquina y finalmente utilizar el diseño didáctico para la explicación.

El cuarto y último paso es la evaluación de los conocimientos adquiridos por el estudiante.(Castro, 2000).

3.3. La enseñanza del Torque en los libros de texto

Es nesario analizar los textos que se manejan por los docentes para el desarrollo de la tematica de Torque.Por este motivo se revisaron algunos textos utilizados en nuestro medio académico, con el fin de identificar cómo presentan el concepto de torque y su relación con las máquinas simples. Los textos analizados son los siguientes:

Cuadro 3.1: Tabla comparativa para diferentes textos

Física General. Antonio Máximo y Beatriz Alvarenga. 4^a.edición Editorial Oxford Año:2002.	En la unidad III se trabaja la primera y tercera ley de Newton se parte del concepto de fuerza, luego se explica el equilibrio de una partícula, se plantean algunos experimentos sencillos y finalmente se proponen preguntas y problemas. Hay un apéndice al final del capítulo que se dedica al desarrollo del concepto de torque y al equilibrio del cuerpo rígido. Finalmente se proponen una serie de ejercicios con palancas y poleas sin una explicación previa. No hay un espacio en donde trabaje en forma explícita las maquinas simples y se relacione con el concepto de torque.
Física Con Principios y aplicaciones Douglas Giancoli Sexta Edición Editorial Pearson Año:2006.	Después de trabajar cinemática, leyes de Newton, trabajo, energía y cantidad de movimiento, se estudia el movimiento de rotación (capítulo 8), iniciando con la explicación de las cantidades angulares: velocidad y aceleración. Despues se estudia el torque con la denominación de "torca", se hace una explicación para identificar sus elementos, se explica descomposición de brazo y fuerza, y se define como $\tau = Fper.$, luego se realizan algunos ejemplos aplicados en el cuerpo humano y en ruedas. Finalmente se deduce y define torque como $\tau = I \cdot a$ donde I es el momento de inercia y a la aceleración angular. Al final se proponen preguntas y problemas. En el capítulo 9 se explican las condiciones de equilibrio, plantean ejemplos con la palanca en diferentes situaciones, luego se trabajan ejemplos con bisagras para hallar las fuerzas sobre ellas, seguida se realiza el tradicional ejemplo de la escalera recargada contra una pared, también se trabajan e identifican las palancas que se encuentran presentes en el cuerpo humano. Finalmente se plantean ejercicios en orden de complejidad. No hay un espacio para trabajar en forma más detallada la palanca y la polea. Física Conceptos y aplicaciones.

Paul E Tippens Séptima Edición Editorial Mc Graw Hill Año:2011.	El libro comienza con el desarrollo de la cinemática y la dinámica en donde se hace énfasis en la construcción de los diagramas de fuerza, seguidamente se trabaja en el capítulo 5 el Torque denominado Momento de torsión y el equilibrio rotacional, se construye la definición asociándolo brevemente con la palanca y se deducen las condiciones de equilibrio, al final se plantean ejercicios.
	En el capítulo 11 se retoma la rotación de los cuerpos rígidos, se trabaja desplazamiento angular, el cambio de la velocidad angular y el momento de inercia para enunciar el torque como el producto del momento de inercia por la aceleración angular. En el capítulo 12 se trabajan las maquinas simples como tema central y se asocia con el concepto de torque en la explicación de la palanca y la polea. Finalmente se plantean ejercicios haciendo énfasis en la ventaja mecánica.
Fundamentos de Física. FrankJ.Blatt, Tercera Edición Editorial Prentice Hall Año:1991.	Se inicia con el movimiento en una y dos dimensiones, luego las operaciones con vectores y las leyes de Newton, después continúan con trabajo mecánico, energía y cantidad de movimiento. Con el estudio del movimiento circular, se inicia el estudio del equilibrio rotacional en el capítulo 9, se motiva al estudio del torque y se define, luego centro de gravedad y momento de inercia en donde se incluye el teorema de ejes paralelos. Finalmente se proponen preguntas cualitativas de opción múltiple y problemas numéricos con diferente complejidad. No se asocia el torque con las maquinas simples en forma directa ni existe un apartado especial.
Física Contemporánea Jones & Childers Tercera Edición Editorial Mc Graw Hill Año 2001	En los capítulos iniciales se trabaja la cinemática del movimiento, se sigue con las leyes de Newton en donde se trabaja el equilibrio estático, prosigue con el movimiento circular uniforme, trabajo, energía y momento lineal, hasta llegar al movimiento rotacional en el capítulo 9, donde se comienza por la definición de velocidad y aceleración angular, luego se define torque y mediante ejemplos se hace evidente los valores máximos y mínimos según la

	variación de la fuerza y el brazo de palanca con respecto a un eje. Seguidamente se explican las condiciones de equilibrio y se aplican en ejemplos donde sutilmente se habla de la palanca, al final del capítulo se habla de momento de inercia y se define torque en función de este. Finalmente se plantean preguntas y problemas. No se hace referencia a las maquinas simples.
Fundamentos de Física Serweay/Vuille Octava Edición Cengage Learning Año 2010	La parte de mecánica se desarrolla iniciando con la cinemática en una dimensión, luego se trabaja las operaciones vectoriales al iniciar el movimiento en dos dimensiones, sigue con las leyes de Newton, energía, cantidad de movimiento hasta llegar al movimiento rotatorio que comienza relacionando las cantidades lineales con las angulares como velocidad angular y aceleración angular. En el capítulo 8 se define torque a partir de ejemplos, luego centro de gravedad y condiciones de equilibrio, enseguida se relaciona el torque con el momento de inercia y la aceleración angular, finalmente se plantean preguntas y problemas pero no se hace una referencia directa a las maquinas simples.

Textos más trabajados por los profesores en los colegios oficiales

Física Fundamental 1. Michel Valero. Vigésima Edición Editorial Norma. Año 2007.	El curso de física que se desarrolla en el libro comienza con una preparación hacia el estudio de la física; su objeto de estudio, la medida, la relación entre las variables, su representación gráfica y las operaciones vectoriales. Luego se trabaja la cinemática del movimiento en una y dos dimensiones y se llega al movimiento circular uniforme, en seguida se explican las leyes de newton y se hace énfasis en el equilibrio de fuerzas. En el capítulo 9 se desarrolla el concepto de torque paso a paso y se deducen las condiciones de equilibrio, al final de capitulo se hacen aplicaciones de las palancas en forma detallada, en el capítulo 11 después de ver trabajo y energía se retoma el tema de las maquinas simples haciendo énfasis en las poleas. En el capítulo 12 se vuelve a hablar del torque y se relaciona con el momento de inercia. En cada uno de los capítulos hay ejemplos y ejercicios sencillos, muy cercanos al contexto del estudiante. Las maquinas simples se abordan, relacionándolas con el concepto de torque.
Física 1. Santillana Mauricio Bautista Ballen Editorial Santillana Año 2001.	En el texto se presenta una secuencia que se inicia con una introducción a la física sobre su objeto de estudio, las unidades de medida, las funciones y su representación gráfica, movimientos uniforme acelera y caída libre hasta llegar al movimiento de proyectiles; luego se trabajan las leyes de Newton. En la unidad 5, tema 1 se explica en forma detallada el movimiento circular uniforme y en el tema 3 el movimiento de rotación donde se desarrolla el concepto de torque, con el ejemplo de la cruceta utilizada para desmontar una llanta. Es importante destacar que se plantean actividades con intensiones claras, desarrollo de competencias mediante

	el planteamiento de preguntas de tipo: interpretativo, argumentativo y propositivo, también encontramos actividades al finalizar el tema para verificar conceptos, y analizarlos, finalmente se propone resolver problemas básicos y de profundización.
Física Conceptual Paul G Hewitt Segunda Edición Addison-Wesley Iberoamericana Año 1995.	Finalizados los capítulos de cinemática, dinámica, cantidad de movimiento y energía, se trabaja el movimiento circular uniforme y acelerado, luego se explica el centro de gravedad. En el capítulo 11 se desarrolla el tema de movimiento de rotación, se define torque, las condiciones de equilibrio y el momento de inercia. Como el nombre del libro lo indica se trabaja el desarrollo de conceptos de forma cualitativa, analizando las relaciones entre las variables, se hace poco énfasis en lo numérico, hay pocos problemas de aplicación. No se refiere a las maquinas simples directamente para el desarrollo del concepto.

En general el concepto de Torque se trabaja a partir de diversos ejemplos prácticos, luego se deducen las condiciones de equilibrio y finalmente se plantean preguntas y problemas.

Solo en el libro de Tippens y el de Valero se relaciona en forma directa el torque con las maquinas simples, en los demás se habla del brazo de palanca y se plantean ejercicios sin profundizar.

3.3.1. Estándares del Ministerio de Educación Nacional (M.E.N)

En el caso del concepto de torque o temas relacionados como maquinas simples y movimiento de rotación no hay estándares que estén directamente dirigidos a su desarrollo en décimo y undécimo, sin embargo en algunos niveles se deben trabajar a aunque con restricciones de tipo conceptual y operacional. De acuerdo a la revisión realizada se pueden encontrar en el siguiente cuadro.

GRADO	ESTANDAR.
Cuarto y quinto.	Comparo movimientos y desplazamientos de seres vivos y objetos. Relaciono el estado de reposo o movimiento de un objeto con las fuerzas aplicadas sobre éste. Describo fuerzas en máquinas simples.
Sexto y séptimo	Relaciono energía y movimiento. Verifico relaciones entre distancia recorrida, velocidad y fuerza involucrada en diversos tipos de movimiento.
Decimo y once	Relaciona las diferentes fuerzas que actúan sobre los cuerpos en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme y se establece condiciones para conservar la energía mecánica. Modela matemáticamente el movimiento de objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos. Establezco relaciones entre estabilidad y centro de masa de un objeto.

Cuadro 3.2: Estandares de educación. (MEN Nacional, 2003)

En los estándares revisados se hace énfasis en los conceptos de reposo, movimientos y fuerza además de las condiciones de estabilidad. Los cuales tienen relación directa con el torque. Sin embargo no hay un estándar que involucre en forma directa el concepto a pesar de su evidente importancia en la mecánica clásica y en su uso cotidiano en diferentes mecanismos.

Capítulo 4

Propuesta Didáctica

Acontunuación se mencionan los aspectos que fundamentan la propuesta didactica para la enseña del concepto de torque. Se propone una secuencia donde se hace enfasis en la construccion del conocimiento atraves de clases donde el estudiante es el ente activo del aprendizaje, basandonos en la teoria constructivista bajo el modelo del aprendizaje significactivo.

4.1. Enfoque didáctico

La Teoría Constructivista y en particular el modelo del aprendizaje significativo de Ausubel, son el, el marco referencial para el diseño de la secuencia didáctica del concepto de torque.

Se identifican algunas variables importantes para llevar a cabo el aprendizaje significativo en el aula, como son: el trabajo abierto, la motivación, el medio, la creatividad, el mapa conceptual y la adaptación curricular en el caso de tener estudiantes con necesidades especiales.

- Trabajo abierto.

  En este sentido, los trabajos abiertos son las actividades planteadas para la clase que admiten varias vías de realización y de solución, que potencian en el estudiante la toma de decisiones sobre el proceso de resolución. El trabajo final realizado por el estudiante puede ser, por ejemplo, hacer un cómic, un cuento, un dibujo, diseñar un juego, un mural, un álbum, o cualquier otra idea. Las actividades de deben planear en sus contextos de vida lo que hará que adquieran significado para los estudiantes, y además contribuirán al desarrollo de las competencias básicas.

  Se pueden plantear actividades a partir de preguntas abiertas para ser trabajadas en forma individual y después en equipo. Un elemento fundamental en el desarrollo de la actividad es el suministro de materiales adecuados

- La motivación.

Es básica para un aprendizaje sostenido y para mantener un nivel óptimo de trabajo en el aula. Se deben usar materiales atractivos y diversificados, combinando el material didáctico durante las clases, usando material audiovisual, instrumentos y material de laboratorio. Los estudiantes se interesan más cuando la actividad está relacionada con su vida diaria, mejorando su participación en el proceso de aprendizaje a la vez que se facilita la transferencia. Es importante destacar la participación oral del estudiante y en manipulación de los materiales. La motivación está directamente relacionada con el aprendizaje.

Para Clark. L. Hull (1934) la motivación es el impulso que brota de una necesidad y que conduce a una acción para obtener un incentivo, que reduce la pulsión y satisface la necesidad. Por consiguiente, un alumno estará motivado para aprender cuando los contenidos de la enseñanza se vinculan con sus intereses o necesidades, o bien cuando se le crean nuevas necesidades.

- El medio.

  Se puede relacionar con el espacio en donde se desarrollan las actividades, estos deben ser diversos, laboratorios, salas de computadores, sala de audiovisuales, patio y cuando no se cuenta con estos, se debe ambientar el espacio del salón de tal forma que sea atractivo al estudiante y, que tenga relación con lo que está aprendiendo. Otro aspecto importante son las salidas pedagógicas a lugares especialmente significativos.

- La creatividad.

  El manejo de los elementos conceptuales por parte del profesor ayuda en diseño creativo de las diferentes actividades. La creatividad está relacionada con la inventiva siendo una combinación, una asociación y una transformación de elementos conocidos para tener un resultado novedoso, pertinente y original. La creatividad posibilita la creación de múltiples soluciones ante una misma situación. Usar la imaginación y la inventiva del profesorado produce resultados novedosos..

- El mapa conceptual.

  El mapa conceptual es un instrumento de gran importancia en el aprendizaje significativo, sirve para clarificar, definir y delimitar los conceptos y sus relaciones. Es muy útil durante y después de la experiencia de aprendizaje. Se potencia el aprendizaje de manera no arbitraria y conectada. Los mapas conceptuales dan coherencia a los conceptos trabajados. Facilitan la conexión necesaria de la información para formar estructuras sólidas de conocimiento, generando la transferencia de lo aprendido de manera significativa. (Martín, 2010).

  La propuesta tiene inicialmente tres pasos en su desarrollo, el primero es el diagnóstico respecto a los conocimientos previos de los estudiantes, el segundo hace referencia al diseño de actividades de nivelación de conocimientos y conceptos básicos para el desarrollo del concepto y finalmente la implementación de la secuencia para la enseñanza de los torques a partir de las maquinas simples.

4.1.1. Etapa diagnóstica.

Se aplicó un pre-tets de veinte preguntas sobre fuerza y sus operaciones vectoriales, el concepto de equilibrio de una partícula, concepto de torque y condiciones de equilibrio, identificación de palancas y poleas, finalmente solución de problemas cuantitativos. Para esto se utilizó la herramienta guía con la cual se puede hacer un análisis estadístico inicial.(Anexo 1)

Tras los resultados arrojados en la prueba diagnóstica se llegó a la conclusión que los estudiantes tienen falencias y vacíos en elementos básicos necesarios que debieron ser adquiridos en su proceso educativo en primaria y que son necesarios para la enseñanza de la palanca. Por tal razón fueron necesarios procesos de nivelación

4.1.2. Etapa de nivelación.

Dados los vacíos y falencias mencionadas, la estrategia consistió en la aplicación de diferentes guías y actividades didácticas, sobre el tema de fuerzas.

La primera actividad consistió en la aplicación de una guía correspondiente a fuerzas. Estos conocimientos debieron ser adquiridos en al incio de grado decimo, pero debido a la falta de aplicación en diferentes contextos, no es significativo para los estudiantes, por lo que presenta grandes falencias.

4.2. Contenidos y conceptos fundamentales a construir

El objetivo del presente trabajo es la enseñanza y aprendizaje por parte de los estudiantes del concepto de Torque, por lo cual es fundamental para alcanzar este objetivo la comprención de los siguientes términos: desplazamiento, distancia recorrida, velocidad angular, aceleración angular, vector fuerza, torque, momento de inercia.

4.3. Descripción general de la propuesta

Se desarrolló en 10 sesiones que van desde el 7 de Octubre al 6 de Noviembre, cada una de 60 minutos, teniendo en cuenta, la Teoría Constructivista y en particular el modelo del aprendizaje significativo de Ausubel, se diseñó la secuencia didáctica para la enseñanza-aprendizaje del concepto de torque.

Se tuvierón en cuenta las variables claves del aprendizaje significativo en el aula, como son: el trabajo abierto, la motivación, el medio, la creatividad y el mapa conceptual.

Para el desarrollo de cada una de las sesiones se adecuo el lugar con elementos significativos para la clase, de la misma manera se colocarón algunos avisos alusivos

al tema. Se invitó a profesores de Educación Física, filosofía y biología para hacer explicaciones y aplicaciones adicionales del tema; dentro de estas actividades tambien participarón los empleados de mantenimiento quienes realizarón algunas operaciones con herramientas, poleas y palancas.

Se utilizarón diferentes lugares del colegio como: salón de clase, laboratorio de física, biblioteca, sala de audiovisuales y sistemas, taller de mantenimiento y patio de descanso.

La participación de los estudiantes y el trabajo en equipo durante el desarrollo de las clases es clave para asegurar la enseñanza- aprendizaje del concepto.

Para el desarrollo de las clases se utilizarón ayudas audiovisuales, con presentaciones en "PowerPoint", videos tomados de YouTube sobre los temas tratados para complementar la información, simulador de internet y programa "Cabri".

4.3.1. Sesión 1.

Objetivo: Conocer y diasnosticar el estado en el que se encuentran los estudiantes de grado decimo en los temas de Leyes de Newton, torque y palancas.

Lugar: Sala de Informatica.

Descripción:

la primera sesión de implementación de la propuesta didáctica se desarrolla con el objetivo de obtener un panorama general del estado en el cual se encuentran los estudiantes, y de esta manera trabajar los temas que más se dificultan para lograr llegar al objetivo general de comprender el concepto de Torque, por medio de las máquinas simples (palanca, polea y tornillo). La actividad se desarolla en la sala de informatica.

Metodología.

Para esta sesión se trabaja de manera individual, donde cada estudiante responde un Pre-Test, el cual tiene preguntas con opción multiple (Anexo 1).

Actividad de motivación: Sabias que nuestro cuerpo esta compuesto de diferentes tipos de Palancas. Investiga que palancas tienes en tu cuerpo.

4.3.2. Sesión 2.

Objetivo: Retroalimentación de las Leyes de Newton

Lugar: Sala de Informatica y patio.

Descripción:

Esta actividad se realiza con apoyo del docente de educación física quien realiza una rutina previamente acordada con el objeto de trabajar la fuerza.

El profesor de Física finaliza cada ejercicio con una retroalimentación para evidenciar la presencia de la fuerza.

Al inicio de la clase se escoge algunas estudiantes para hacer la bitácora de la clase

Actividad 1

La clase comienza con una actividad que consiste en pesar a las estudiantes con ayuda de pesas de casa. El profesor de física hace preguntas para recordar la fuerza llamada peso (dirección magnitud, como se calcula y sus unidades). Se prosigue con actividades propias de la clase donde se van proponiendo ejercicios en parejas, las estudiantes se colocan de pie mirando en la misma dirección, una estudiante se queda quieta y la otra hace fuerza (empujones) en su espalda tratando de moverla. Seguidamente se realiza el mismo ejercicio pero las estudiantes están de frente, cada una hace fuerza en dirección contraria.

En grupos de tres. Dos estudiantes hacen fuerza sobre la restante (en la misma dirección, en dirección contraria, formando ángulos de aproximadamente (30^0, 90^0 y 140^0). Otra actividad se realiza en la zona de barras, las estudiantes colocan los brazos en la barra y van variando el ángulo que se forma entre ellos con la horizontal. Las estudiantes inicialmente colocan los brazo en paralelo, luego formando ángulos de aproximadamente 30^0, 60^0 y 90^0.

Finalmente dejan un brazo quieto formando un ángulo agudo y mueven el otro hasta que quede horizontal.

Actividad 2

El espacio de trabajo es el coliseo:

Para esta actividad, se pide a algunas estudiantes que lleven patines. Al inicio de la clase se escoge algunas estudiantes para hacer la bitácora de la clase.

La fuerza se asocia con los jalones o empujones sobre las patinadoras, que producen variación en el movimiento (velocidad, ángulo). Se aplican fuerzas para acelerar, frenar o desviar (2ª Ley de Newton).

Una estudiante esta parada en patines otra le hace una fuerza (empujón) para modificar su estado. Luego se repite la acción, ahora la estudiante en patines se está moviendo y la segunda estudiante le da un empujón.

Las patinadoras se deslizan lentamente y colocan sus manos contra la pared (3ª Ley de Newton). Se observa la acción de la patinadora contra la pared y la reacción que produce la pared sobre la patinadora.

Actividad 3

Terminado el trabajo en la clase de educación física se realiza la segunda parte de la sección en la sala de informática. Se recuerda los elementos de un vector (magnitud y dirección), luego se la suma grafica de vectores. Con la ayuda de las páginas

`http://www.walter-fendt.de/ph14s/resultant_s.htm`

Se trabajan las leyes de newton en la pagina interactiva: `http://crecea.uag.mx/flash/LEYES.swf`

Actividad 4

Ejercicio práctico con regla y transportador para sumar vectores.

Metodología.

Se realiza un trabajo en dos espacios diferentes lo que permiten una dinámica diferente respecto a la clase tradicional, generando otras expectativas y posibilitando que sea más significativo el proceso de enseñanza aprendizaje.

Los espacios, las actividades prácticas y la forma como son abordadas las temáticas permite a las estudiantes evidenciar los elementos teóricos y participar activamente. Finalmente se da un espacio para generaliza y concluir. (Anexo 2)

Motivación:

La Física es la forma como podemos entender el universo, por eso porque no te animas a ver el video de "El universo mecánico - Leyes de Newto".

4.3.3. Sesión 3

Objetivo: Identificar y reconocer a través de diferentes ejemplificaciones y modelos reales los elementos que hacen parte de un Torque

Lugar: Taller de mantenimiento y Salón de clase.

Descripción:

En la tercera sesión se presenta una introducción de Torque. El objetivo para esta sesión es identificar y reconocer a través de diferentes ejemplicaciones y modelos reales los elementos que hacen parte de un Torque (eje, brazo de fuerza, fuerza aplicada). La actividad se desarrolla en el taller de mantenimiento y en el laboratorio de Física.

Actividad 1

La actividad se inicia con la visita al taller de mantenimiento donde se han dispuesto diferentes dispositivos.

En la mesa de trabajo se ubican las herramientas. (Destornillador, llave inglesa, alicates, martillo, villabarquín, taladro, prensas).

El profesor les pide a las estudiantes que las describan en su uso tratando de utilizar un vocabulario técnico.

Las estudian dibujan las herramientas y luego identifican sus partes, seguidamente deben encontrar elementos comunes. (Elementos del torque)

Actividad 2

En las mesas del laboratorio se ubican diferentes dispositivos, se le pide a las estudiantes que roten en grupos por las mesas, manipulen los dispositivos,

expliquen sus mecanismos, luego los dibujen y finalmente encuentren elementos comunes.

Mesa 1: molino, Mesa 2: manivela, Mesa 3: cruceta, Mesa 4: pedales de bicicleta y manubrio, Mesa 5: polipasto.

Luego se les pide a las estudiantes que describan el proceso de abrir y cerrar una llave de grifo y la cerradura del salón. (Elementos del torque)

Actividad 3

Todas las estudiantes pasan por cada mesa con el profesor quien se encarga de hacer la retroalimentación de las dos actividades realizadas. Se hace énfasis en todos los ejemplos en que: Existen características comunes, se gira algo, se utiliza para girar algún objeto, dirección de la fuerza y punto de aplicación, relación entre longitud del mango y la fuerza.

Actividad 4

La actividad consiste en la explicación del torque aplicado en el giro de la puerta.

Con un modelo a escala que gira respecto a un eje vertical y con el dinamómetro se determina la fuerza necesaria para abrirla, variando la distancia entre el eje y el punto de aplicación de la fuerza y luego variando su dirección para una distancia fija. Se termina con una simulación que se encuentra en: `http://www.fisica.uh.cu/bibvirtual/fisica_aplicada/fisica1y2/interactivas1/rotacion/rueda.html`

Metodología:

Se disponen en el taller de mantenimiento y en el laboratorio, elementos significativos para las estudiantes y de uso cotidiano como son herramientas y dispositivos de uso corriente. Las estudiantes manipulan los elementos, hacen descripciones y explican con vocabulario técnico su funcionamiento. Se trabaja en equipo, las estudiantes llegan a cuerdos y presentan conclusiones consensadas.

Motivación:

Investiga sobre mecanismos similar que encuentre: en la casa, en el parque y en alguna actividad de trabajo. Visita la siguiente pagina `http://www.youtube.com/watch?v=D__1GVrxPwE`. Por último se plantean unas preguntas para discutir en el aula (Ver anexo 2)

4.3.4. Sesión 4

Objetivo: Deducir y definir el concepto de torque.

Lugar: Sala de informática

Descripción:

En la cuarta sesión se explica el concepto de torque y se exponen algunos ejemplos. El objetivo de esta actividad es deducir y definir el concepto de torque estableciendo la relación entre fuerza aplicada, brazo de fuerza y eje de giro.

Esta actividad se desarrolla en la sala de informática Se retoman los conceptos de la clase anterior, se realizan algunas preguntas sobre: el concepto torque, ¿cuándo hay torque?, ¿cuándo no se produce torque?

Actividad 1

A una rueda con manivela se le coloca un dinamómetro unido a esta y se hace fuerza en diferentes direcciones para determinar cuándo se aprovecha toda la fuerza aplicada.

Con la ayuda de la página (`http://www.fismec.com/estatica_torque`) Estática - Momentum de una fuerza o Torque y los simuladores que se encuentran, se aprovecha para deducir el torque como el producto de la fuerza perpendicular al brazo.

Actividad 2

Utilizando el software CABRI se hace un repaso sobre componentes rectangulares de una fuerza, mediante una construcción geométrica.

Explicación para el cálculo del torque utilizando el software CABRI por descomposición de fuerzas y descomposición de brazo.

Actividad 3

Deducción de Torque con apoyo del video Momento de una fuerza `http://www.youtube.com/watch?v=a91wFb4DhVc`

El video se va pausando para dar explicaciones y aclarar dudas; obteniéndose torque como el producto de la fuerza por el brazo $\tau = F \cdot d$, siendo la fuerza perpendicular al brazo

Actividad 4

Se inicia la clase con un video donde se presenta el momento de inercia " Momento de inercia rotaciona" (`http://youtu.be/EayMl7aGeLY`).

Más adelante se desarrollan unas actividades encaminadas a deducir el concepto de momento de inercia.

Se utiliza una silla giratoria para realizar una serie de movimientos los cuales consisten en:

- La estudiante se sienta en la silla y ubica sus manos en el pecho, y se pone a girar junto con la silla, después de un tiempo ella va extendiendo sus brazos, generando un cambio en la velocidad de giro (aceleración angular).
- Se realza el mismo ejercicio con pesas logrando que los efectos sobre la velocidad varíen de forma más rápida.
- Utilizando un soporte universal que sería nuestro eje, se coloca una barra perpendicular que gira de forma horizontal, sobre ella se ubican dos pesas iguales en cada extremo. Más adelante se repite este ejercicio cambiando la posición de las pesas, siendo su distancia más próxima al eje.

Finalmente se formuló toque, como el producto del Momento de inercia por la aceleración angular.

Actividad 5

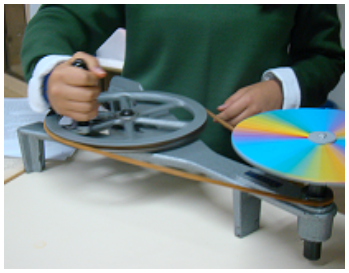
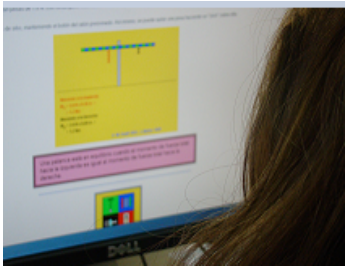
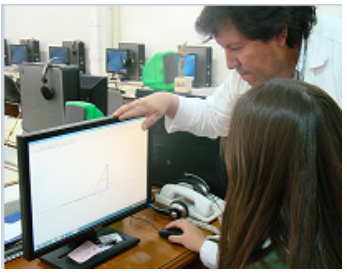
Se plantea una guía con ejercicios básicos sobre el cálculo del torque, Anexo 4

Metodología:

Se manejan dos ambientes de trabajo, el primero se realizara en el software y el segundo experimentalmente, donde las estudiantes participan y evidencian los cambios de las diferentes variables. Se utiliza un espacio para el desarrollo de habilidades de pensamiento, siendo estas de tipo deductivo y descriptivo.

Motivación:

Anímate a ver el video del Universo Mecánico sobre el Torque y el Giroscopio.

4.3.5. Sesión 5

Objetivo: Reconocer, deducir y aplicar las condiciones de equilibrio en sistemas mecánicos

Lugar: Sala de informática y laboratorio de física

Descripción:

En esta sesión se trabaja la temática de equilibrio mecánico. El objetivo es reconocer, deducir y aplicar las condiciones de equilibrio en sistemas mecánicos.

La actividad para esta temática se desarrolla en la sala de informática y el laboratorio de física. Esta sesión se realiza con la colaboración del docente de filosofía.

Las actividades que se proponen son las mencionadas a continuación, y en las cuales se debe explicar ¿ porque se presenta el equilibrio?

Actividad 1.

Se prepara una actividad de entrada con ayuda del docente de filosofía en la biblioteca, donde las estudiantes consultan sobre Arquímedes, palancas y maquinas simples, con el objetivo de realizar un mapa conceptual.

El docente de filosofía expone el contexto de Grecia en la época de Arquímedes y destaca las contribuciones de Arquímedes en el desarrollo de la ciencia, enfatizando en la forma como explicaba los fenómenos atreves de postulaciones con bases en la geometría. Además de esto habla sobre el método científico utilizado por Galileo, siguiendo un proceso riguroso para explicar los fenómenos naturales, que luego formalizo matemáticamente.

Actividad 2.

En grupos de tres personas se realiza la actividad .Con una regla, una cuña (fulcro) y dos pesas de diferente magnitud, se quiere producir el equilibrio en tres situaciones diferentes a) con la regla y el fulcro, b) con la regla, el fulcro y una pesa, c) con la regla, el fulcro y dos pesas.

Se hace el ejercicio de encontrar el equilibrio determinando las variables que intervienen para producirlo y finalmente generalizar (relación entre las distancias).

Esta actividad permite aproximar a los estudiantes a la ley de la palanca. Una vez realizada la actividad, el profesor retoma las observaciones realizadas por las estudiantes sobre la fuerza aplicada, el brazo de fuerza, el peso de la regla y la posición del eje, para llegar finalmente al concepto de equilibrio.

Actividad 3.

Se monta un experimento demostrativo, que consiste en colocar una barra con huecos inicialmente equilibrada en el centro y se plantean diferentes situaciones:

- Colocando pesas de igual medida en diferentes distancias con respecto al eje de rotación.
- Se coloca un peso conocido en el extremo y se pide que equilibren mostrando más de una posibilidad (variando el peso o la distancia).
- Se colocan pesas en dos posiciones diferentes a un lado y se pide que la equilibren con un peso al otro lado.
- Miden el peso de la barra de huecos y luego le colocan pesos diferentes en los extremos para encontrar el punto de apoyo.

El profesor mediante preguntas estimula la participación de las estudiantes, posibilitando que ellas deduzcan la segunda condición de equilibrio.

Actividad 4

Con la ayuda del siguiente video "Galileo Demonstration Law Lever Formulate" se deducen teóricamente las condiciones de equilibrio (el video se va parando y al tiempo se hace la explicación). `http://exhibits.museogalileo.it/archimedes/video/GalileoDemonstrationLawLeverFormulatedByArchimedes.html`

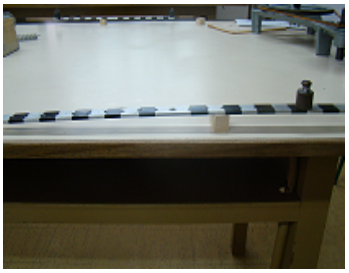
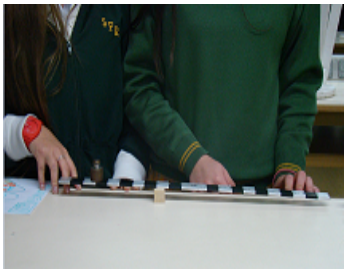
Metodología:

La metodología que se desarrolla tiene tres momentos, el primero se realiza en la biblioteca con el fin de acercar a los estudiantes a la consulta e investigación y relacionar diferentes áreas del conocimiento como en el caso de la filosofía.

El segundo momento se desarrolla en el laboratorio de física, esta parte de la actividad es experimental, logrando que las estudiantes manipulen y se apropien del fenómeno que se está estudiando (equilibrio mecánico).

Para el tercer momento se tiene una actividad preparada en el laboratorio de física donde se presentaran un video, con el fin de recordar y aclarar la demostración de Galileo sobre equilibrio y palanca.

Motivación: Mediante un simulador en la página `http://www.walter-fendt.de/ph14s/lever_s.htm` se crean diferentes situaciones para que el estudiante las repita y encuentren experimentalmente y teóricamente, donde debe colocar las pesas para producir el equilibrio.

4.3.6. Sesión 6

Objetivo: Identificar, diferenciar y aplicar las máquinas simples relacionandolas con el concepto de torque y sistemas en equilibrio

Lugar: Laboratorio de física

Descripción:

Para la sexta intervención se trabaja la temática de máquinas simples. Se plantea como objetivo identificar, diferenciar y aplicar las maquinas simples relacionándolas con el concepto de torque y sistemas en equilibrio. En esta sesión se trabaja como maquina simple la Palanca y su clasificación.

Actividad 1

Para el primer momento se organizan los estudiantes por mesas de trabajo donde encontraran palancas de los tres géneros como se menciona a continuación:

- Mesa 1: Primer Genero
- Mesa 2: Segundo Genero
- Mesa 3: Tercer Genero

Los estudiantes dibujan las palancas, identican los elementos de ellas (fuerza aplicada, resistencia y punto de poyo) y las clasifican.

Más adelante se toman todos los dispositivos y herramientas en un mismo lugar, y se pide a las estudiantes que las distribuyan según su género en las tres mesas.

Finalmente se realiza una salida al patio y se identifican algunas palancas, como la carretilla, la bicicleta, la cruceta y balancín.

Actividad 2

El docente valiéndose de una página interactiva sobre las palancas desarrolla la clase dando espacio para que las estudiantes naveguen en ella

(`http://didactalia.net/comunidad/materialeducativo/recurso/maquinas-y-mecanismos/1cdaca1b-16e2-4552-ad5a-97d60cfb6722`).

Esta actividad es direccionada por el docente donde realiza intervenciones aproximadamente cada 5 minutos para reforzar los conceptos que se muestran y dar algunas ejemplificaciones.

Actividad 3

En un segundo momento se colocan algunos carteles con las palancas dibujadas y se pide a las estudiantes que le coloquen las partes a cada palanca (el eje, el punto de apoyo alrededor del cual gira, el punto donde está la fuerza de resistencia y el punto donde se hace la fuerza). Como actividad motivadora se dan puntos al grupo que pueda dibujar estos elementos en el tablero de forma correcta.

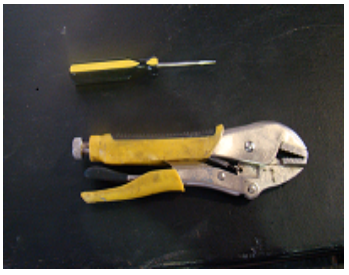
Al finalizar estas presentaciones se plantean problemas sobre los carteles dando valores a tres de las variables que intervienen como son brazo de fuerza, brazo de potencia, resistencia y potencia, con el objetivo de que las estudiantes apliquen las condiciones de equilibrio.

Metodología:

Para el desarrollo de la sesión se tiene en cuenta tres actividades que se desarrollan mediante el experimento y el mapa conceptual, donde se logra sintetizar la información que se obtuvo en los experimentos, y que luego son expuestos por los estudiantes de la clase.

Motivación:

Para analizar la actividad se presenta el video titulado “Palancas” donde se define que es una palanca y cuáles son sus parte. `https://www.youtube.com/watch?v=eqdJz8gL0CQ`



4.3.7. Sesión 7

Objetivo: Identificar, diferenciar y aplicar las máquinas simples

Lugar: Laboratorio de física

Descripción:

En la séptima intervención se trabaja la temática de Maquinas Simples, la cual tiene como objetivo identicar, diferenciar y aplicar las maquinas simples. Se trabaja con las maquinas simples polea y tornillo.

Actividad 1

Poleas

Para esta primera parte de la sesión se trabaja el aspecto teórico de máquinas simples. Iniciamos con las demostraciones para la polea fija y la polea fija-móvil, mediante un experimento en el cual se cambia de posición un objeto (posición vertical) solo con una polea fija.

En la segunda parte de la sesión se realiza un montaje donde estará presente una Polea fija y una móvil, identificando los torques presentes en los montajes.

La tercera parte del trabajo consiste en deducir las formulas teóricas para determinar la potencia requerida para vencer una resistencia (peso a levantar).

Actividad 2

Se retoma la página web máquinas y mecanismos y se trabaja en la sesión de poleas. Más adelante se presenta un video para aclarar los conceptos y la acción de la fuerza sobre las poleas.

Actividad 3.

El tornillo

Al igual que para las poleas se da una explicación sobre las partes de un tornillo, el paso, la rosca derecha e izquierda; además de esto se muestra la clase de tornillos.

Para esta parte teórica se realiza una actividad donde las estudiantes realizan sobre una tabla la acción de atornillar y desatornillar; este ejercicio permite llegar al concepto de torque como vector.

Mediante una representación gráfica se dibujan los vectores que se aplican sobre el tornillo en un paralelepípedo en donde se identifica la fuerza, el brazo de fuerza y la dirección del torque.

Metodología:

Para esta sesión se realiza una parte teórica de forma magistral, y luego se desarrolla la parte experimental, donde los estudiantes manipulan los materiales y se familiarizan con la temática mediante situaciones y ejercicios cotidianos.

Se facilita el aprendizaje mediante las TICs en las cuales se pueden se pueden encontrar simulaciones y explicaciones con audio y video que facilitan el aprendizaje.

Motivación:

Investiga frases célebres sobre las palancas, además de esto observa donde se aplican las poleas y consulta con tus padres donde se puede ver la aplicación de estas máquinas (tornillo y polea).

4.3.8. Sesión 8

Objetivo: Identicar las palancas en el cuerpo humano.

Lugar: Laboratorio de física

Descripción:

Para la última sesión teórica y experimental se desarrolla el tema de Palancas en el cuerpo humano. Esta sesión tiene como objetivo que el estudiante identifique las palancas en el cuerpo humano.

Actividad 1

La clase se inicia con un video sobre las palancas que se encuentran en la cabeza, en la pagina: `http://youtu.be/5yWTUx4DbOM`

Seguidamente se identifican las diferentes palancas que se encuentran en el cuerpo humano y se clasifican por género dependiendo de la disposición del punto de apoyo, la resistencia y la potencia. `http://youtu.be/RvYuiL47puA`

Actividad 2

Para esta clase se cuenta con el apoyo del docente de Educación Física, quien explica algunas palancas en el cuerpo humano y que se trabajan en la práctica deportiva.

Actividad 3

Las estudiantes desarrollan la guía de trabajo sobre palancas en el cuerpo humano (Anexo 8) y al final se socializan las respuestas.

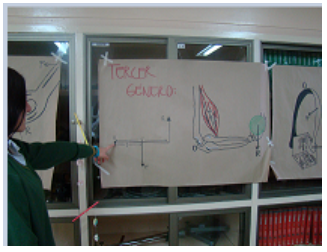
Metodología:

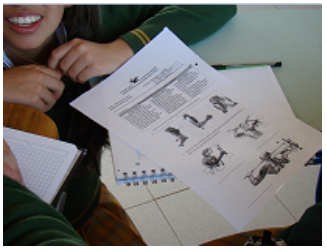
La actividad se desarrolla con el apoyo del docente de educación física, quien explica los tipos de palancas de forma magistral; luego de esta explicación por medio de diagramas realizados por los estudiantes se exponen las palancas que se pueden encontrar en el cuerpo humano. Esta actividad permite que el estudiante defina y caracterice los diferentes tipos de palancas.

Motivación:

Entrar en la página `http://youtu.be/GQ-1PM-OVvI` donde encontrara un video sobre la

Manipulación de cargas y los sistemas de palancas como una aplicación del tema palancas en el cuerpo humano.





4.3.9. Sesión 9

Objetivo: Aplicación de las condiciones de equilibrio en la solución de preguntas y problemas

Lugar: Aula de clase

Descripción:

Para finalizar con la implementación de la secuencia didáctica se proponen una sesión de solución de problemas. El objetivo de esta sesión es la aplicación de las condiciones de equilibrio en la solución de preguntas y problemas. Esta sesión se desarrolla en el aula de clase y se trabaja por grupos de 3 personas. (Anexo 4)

Metodología:

Trabajo en grupo donde los estudiantes logran ver la aplicación de las condiciones de equilibrio en el desarrollo de problemas. Esta parte de la actividad permite que el estudiante analice, argumente y proponga soluciones a las preguntas y problemas.

Motivación:

Visita el video del Universo mecánico Lección 6 titulado “Inercia, consecuencia”

Actividad 1

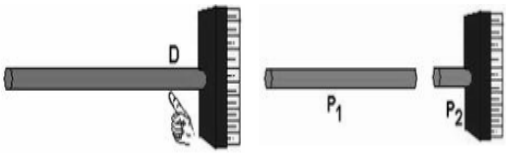
Se plantean cuatro problemas teóricos para ser comprobados experimentalmente.

En cuatro mesas de trabajo se ubican los materiales para dos grupos de tres estudiantes por mesa. Los grupos van rotando por las mesas cada diez minutos.

Realizan la parte experimental y luego hacen la comprobación teórica. El profesor se desplaza por las mesas, hace aclaraciones y da ayuda a los grupos que la requieran.

Problemas

1. Se pide a los estudiantes que imaginen una escoba, que se coloca horizontalmente sobre un dedo, de manera que esté en equilibrio. Si ahora se cortara la escoba por ese punto y se pesan por separado las dos partes, y se pregunta ¿qué relación habrá entre las dos partes, si pesan lo mismo o si una pesa más que la otra?



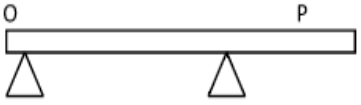
Las estudiantes pueden cortar la escoba y hacer las comprobaciones.

Finalmente sacan conclusiones.

2. Utilizando una tabla ligera se colocan pesos diferentes uno en cada extremo y se pide que calculen donde debe estar el punto de apoyo.

3. Se coloca una barra homogénea sostenida por dos dinamómetros, uno en cada extremo, luego se coloca una pesa a una distancia de L/4 respecto a un extremo y se pide calcular las tensiones en las cuerdas.

4. Una viga homogénea de peso conocido, y de longitud L, descansa sobre dos soportes que tienen una separación de 2/3L. Un objeto de peso conocido se va moviendo de O hasta P. ¿Hasta que distancia, con respecto a O se puede colocar el objeto sin que la viga se voltee?



Actividad 2

Solución de problemas teóricos en grupos de tres estudiantes. Se palntean

problemas que van en orden de complejidad. Anexo 9

4.3.10. Sesión 10

Objetivo: Identificar si los estudiantes lograrón comprender el concepto de Torque apartir de las palancas.

Lugar: Laboratorio de física

Descripción:

La sesión de cierre tiene como actividad propuesta una evaluación sobre las tematicas trabajadas durante la implementación, por lo que solo se presenta la guia a desarrollar.(Anexo 5)

Metodología:

Trabajo individual donde el estudiante desarrolla una guía en la cual encontrara preguntas teoricas y problemas de aplicación de las palancas en el torque.

Capítulo 5

Resultados y Análisis

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos del Pre-test y del Pos-test, donde se veran y compararan los resultados obtenidos en las dos pruebas, lo cual permitira ver si los estudiantes lograrón un aprendizaje significativo durante el desarrollo e implementacion de la secuencia didáctica. También se hace un análisis de cada una de las sesiones de manera cualitativa y descriptiva resaltando las fortalezas y dificultades que se evidenciaron en cada una de ellas.

5.1. Análisis estadístico

5.1.1. Resultados pruebas Pre-test y pos-test sobre Enseñanza del torque.

El primer análisis es observar que tan confiable es decir que tan estructurada es la consistencia interna de la prueba aplicada, para esto se utiliza el Alfa de Cronbach sobre los resultados del Pre-test y del Pos-test. (Hogan, 2010)

Estadísticos de fiabilidad.	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.663	20

Cuadro 5.1: Estadísticos de fiabilidad.

Esta estadística determina la homogeneidad de la prueba es decir si las preguntas miden el mismo concepto o atributo. Los resultados del Alfa de Cronbach arrojan un valor de 0.668 (Tabla 5.1)muy secano a 0.7 que es el admitido, lo cual quiere decir que la prueba presenta una primera característica necesaria para ser inicialmente validada y luego estandarizada.

Teniendo en cuenta la Tabla 5.2 y realizando una revisión de la prueba, se puede observar que las preguntas 1, 7 y 8 presentan una baja correlación. La pregunta 1 es sobre suma vectorial de fuerzas mientras que la 7 y 8 son de equilibrio. Es posible

que en la pregunta 1 no se recuerde el tema de fuerzas, suma de fuerzas utilizando componentes rectangulares, la preguntas 7 requiere imaginar una situación hipotética para ser bien resuelta y la pregunta 8 posiblemente se dificulta por el cambio de unidades.

Estadísticos total-elemento.

	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
P0ST 1	15.13	7.209	.036	.668
P0ST 2	15.10	7.004	.307	.652
P0ST 3	15.42	6.217	.363	.635
P0ST 4	15.28	6.358	.381	.634
P0ST 5	15.09	7.052	.378	.653
P0ST 6	15.22	6.934	.132	.663
P0ST 7	15.30	7.000	.061	.674
P0ST 8	15.12	7.258	.010	.668
P0ST 9	15.15	6.614	.462	.635
P0ST 10	15.15	6.705	.392	.640
P0ST 11	15.27	6.321	.416	.630
P0ST 12	15.46	6.768	.119	.671
P0ST 13	15.78	6.813	.119	.669
P0ST 14	15.28	6.570	.274	.648
P0ST 15	15.24	6.821	.181	.658
P0ST 16	15.27	6.290	.432	.628
P0ST 17	15.31	6.521	.276	.647
P0ST 18	15.18	6.543	.428	.634
P0ST 19	15.22	6.964	.116	.665
P0ST 20	15.43	6.370	.291	.646

Cuadro 5.2: Tabla Estadísticos total-elemento

El diagrama de cajas y los descriptores de las distribuciones del pre-test y el pos-test se muestran en la figura 5.1 y la tabla 5.3. Se observa que los puntajes máximo y mínimo aumentan significativamente, en las dos pruebas, pero manteniendo la desviación estándar prácticamente igual. El diagrama de cajas muestra que el primer cuartil del pos- test está por encima del tercer cuartil del pre-test, lo que indica que hay una diferencia significativa en los resultados que puede interpretarse inicialmente como algo positivo en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
RES-PRE	67	6	18	11.28	2.684
RES POST	67	7	20	16.07	2.704
N válido (según lista)	67				

Cuadro 5.3: Tabla Estadísticos descriptivos

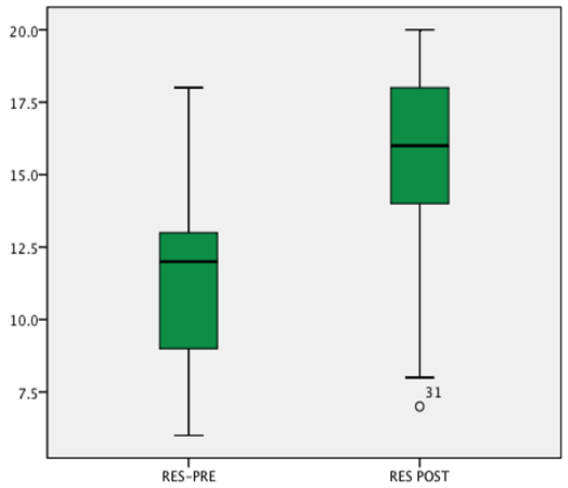


Figura 5.1: Grafica Diagrama de cajas del pre-test y el pos-test resultados representados en cajas

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov [a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RES-PRE	.113	67	.034	.972	67	.140
RES-POST	.126	67	.010	.923	67	.001

Cuadro 5.4: Pruebas de normalidad para las distribuciones de puntajes en el pre-test y el post-test.

Estadísticos de contraste [a]	
	RES POST - RES PRE
Z	-6.725 [b]
Sig. asintót. (bilateral)	.000

Cuadro 5.5: Tabla Estadísticos de contraste [a]

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
b. Basado en los rangos negativos.

En la figura 5.1 se muestra una representación en cajas de los resultados pre-test y pos-test, en la cual se puede observar que en el primer cuartil del pos-test está por encima del tercer cuartil del pre-test, lo que indica que hay una diferencia significativa en los resultados que puede interpretarse inicialmente como algo positivo en el proceso de enseñanza aprendizaje. Sin embargo esta diferencia debe ser analizada por un estadígrafo.

Lo primero que se debe hacer, es determinar si los resultados se distribuyen como una gaussiana tanto en el pre-test como en el pos-test. La tabla 5.4 muestra los resultados de dos pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, como el número de datos es mayor a 50 se puede utilizar Kolmogorov-Smirnov como una estadística valida. Tanto el pre-test como el pos-test arrojan un nivel de significancia por encima de 0.05, lo que indica que no son gaussianas. Por lo tanto hay que utilizar estadísticas no paramétricas para determinar si existe una diferencia significativa entre las dos aplicaciones de la prueba.

En la tabla 5.5 (Estadísticos de contraste) muestra el resultado de aplicarla prueba Wilcoxon (Suerdlik, 2011) en donde el resultado de la prueba es que corresponde a un nivel de significancia menor de 0.001. Esto quiere decir la probabilidad de que no hubiese una diferencia entre las distribuciones pre-test y pos-test y que los resultados se hubieran dado por puro azar es menor a una parte por mil. Por lo tanto se puede aseverar que hay una mejora significativa en el desempeño de los estudiantes después de haber implementado con ellos la unidad didáctica.

5.2. Resultados Cualitativos

La estrategia escogida para enseñar el concepto de torque y las actividades desarrolladas generaron también cambios en el comportamiento y en la actitud de los estudiantes. Para dar seguimiento a estos cambios se consignaron las observaciones en tablas descriptivas que se puede consultar en el Anexo 0.

Los estudiantes se presentaban mucho más motivados a participar y a manipular los materiales que se utilizaban en cada práctica. Además, mantenían su atención durante tiempos muchos más largos. Su participación era ordenada, siguiendo perfectamente la secuencia de actividades que se les sugería. El manejo del lenguaje dentro de la clase ya era notablemente mejor desde la segunda sesión, con un empleo presicso de los términos físicos involucrados. En cuanto al desarrollo del pensamiento, los estudiantes mejoraron su desempeño en actividades de comparación, en la abstracción y en la formulación de modelos. Se logró el reconocimiento de los conceptos de torque en las máquinas simples, y eso sirvió para que pudiesen reconocerlos en otros contextos. De hecho, el manejo interdisciplinario logrado al compartir actividades con profesores de las áreas de Educación Física, Biología y Filosofía contribuyó a contextualizar mejor el tema y a verlo en la cotidianidad y desde otros puntos de vista. En resumen, la secuencia didáctiva propuesta en este trabajo mostró ser una herramienta eficiente para propiciar la cosntrucción de los conceptos de torque en el aula.

Conclusiones y Recomendaciones

El presente trabajo presenta el diseño y la implementación de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de torque. La propuesta hace énfasis en la comprensión del concepto de torque y su aplicación en máquinas simples (palanca, polea, tornillo). El concepto de torque se expresa inicialmente como el producto de la fuerza perpendicular al brazo de palanca, obtenido a partir de ejemplificaciones y aplicaciones, y luego relacionado con el momento de inercia a partir de la definición de aceleración angular. La metodología de trabajo se basa en el aprendizaje significativo, que plantea la necesidad de realizar actividades en ambientes significativos, donde se motive al estudiante a participar y aprender por medio de situaciones relacionadas con su contexto. Las actividades planteadas permiten al profesor reconocer las ideas previas para llegar a conceptos verdaderos. El estudiante va construyendo el concepto a través de las diferentes actividades desarrolladas, en las cuales se tiene en cuenta el cambio de ambiente, la intervención de profesores de otras áreas y participación activa de las estudiantes. En las clases se utilizan los experimentos demostrativos, comprobaciones experimentales que implican la manipulación de material por parte de las estudiantes y simuladores en internet. Durante la sesiones se preparan videos y montajes que contribuyen a mejorar los ambientes de aprendizaje y favorecen el aprendizaje significativo.

La propuesta se implementó a lo largo de diez sesiones con estudiantes de los dos cursos de grado décimo del Colegio Friedridh Nauman I.E.D. Cuantitativamente, el desempeño de la unidad fue puesto a prueba en un diseño pre- experimental con pre-test y pos-test. Para ello, se empleó una prueba cerrada de 20 preguntas de selección múltiple con única respuesta, diseñada para tal fin. El análisis estadístico de los resultados usando el test de Wilcoxon muestra una diferencia estadísticamente significativa entre el pre-test y el pos-test. De hecho, se observa que los resultados del postes son altos, que el primer cuartil del pos-test está por encima del tercer cuartil del pre-test, y que la dispersión de los datos es casi la misma. Estos resultados llevan a concluir que la propuesta ha sido exitosa en lograr el aprendizaje del concepto de torque.

La estrategia escogida las actividades desarrolladas generaron también cambios en el comportamiento y en la actitud de los estudiantes que se anotaron en tablas descriptivas para cada unidad (Anexo 0). Los estudiantes se presentaban mucho más motivados a participar y a manipular los materiales que se utilizaban en cada práctica, mantenían su atenciaón durante tiempos muchos más largos y seguán perfectamente la secuencia de actividades que se les sugería. Su manejo del lenguaje dentro de la clase se volvió mucho más preciso. En cuanto al desarrollo del pensa-

miento, los estudiantes mejoraron su desempeño en actividades de comparación, en la abstracción y en la formulación de modelos. El manejo interdisciplinario logrado al compartir actividades con profesores de las áreas de Educación Física, Biología y Filosofía contribuyó a contextualizar mejor el tema y a verlo en la cotidianidad y desde otros puntos de vista. En resumen, la secuencia didáctiva propuesta en este trabajo mostró ser una herramienta eficiente para propiciar la construcción de los conceptos de torque en el aula.

El trabajo desarrollado para construir los conceptos de manera interactiva e intuitiva, y mostrarlos desde otras asignaturas y en otros contextos, probó ser sumamente motivante y efectiva para los estudiantes y enriquecedora para el maestro. La planeación de estas secuencias requiere de tiempo, mística y dedicación que se ve compensada con el desarrollo de una estructura conceptual más sólida y con el fortalecimiento de las competencias que se pueden evidenciar en los resultados. Si este tipo de trabajos se comienza a desarrollar en básica primaria posiblemente se aseguraría en gran medida el éxito y el complimiento de las metas propuestas. A partir del trabajo realizado se pueden generar otros trabajos sobre el desarrollo de conceptos con la misma dinámica significativa (por ejemplo para los conceptos de presión y flotación), donde a partir de la planeación de secuencias motivantes el estudiante sea protagonista y construya sus explicaciones.

Finalmente los profesores de ciencias debemos repensar nuestro quehacer diario, generando espacios para el intercambio de saberes y el conocimiento de experiencias exitosas. Vale la pena arriesgarse a cambiar el discurso por experiencias más dinámicas e interactivas en donde el estudiante participe activamente y el profesor sea un acompañante que se asegura de suministrar los elementos necesarios para el cumplimiento de las metas propuestas.

Bibliografía

Acosta, M. A. (1985). Introducción a la Física. Bogotá, Colombia

Ausubel, D. (1976). Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. Mexico: Trillas.

Ausubel, D. P. (1983). Psicologia Educativa. México: Trillas.

Ausubel, N. (1983). Psicologia Educativa: Unpunto de vista cognocitivo. México: Trillas.

Bautista, M. (2001). Física I. Bogotá: Santillana.

Cervantes Mayán,(1996). Mesoamérica y los Andes. México, D.F., México.

De Paz Abril, D. (2009). Pistas para cambiar la escuela. Colección CiudadanÃa Global. Oxfam.

El aprendizaje significativo en la práctica. Cómo hacer el aprendizaje significativo en el aula. (s.f.).

Galilei, G, (1933). Le mecaniche. Edizione nazionale delle opere di Galileo Galilei. Firenze, Italia.

Greenberg, A. y. (2008). Situando ell aprendizaje del lado correcto. (`http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662008000400004.(s.f.)`)

Hernández G. M. & Prieto Perez J.,(2007). Historia de la Ciencia Vol. I. Arona, España.

Hogan, T. P. (2010). Pruebas Psicológicas. Una introducción ala práctica. México D. F: El Manual moderno. Jürgen Renn, P. D. (10 de octubre de 2012). Aristóteles, Arquímedes y los orígenes de la mecánica: La ley de la palanca desde la perspectiva de una historia. (`http://fundacionorotava.org/archivos%20adjuntos/publicaciones/Arquimedes/Renn_Aristoteles`)

Klima Josef, (2007). Sociedad y Cultura en la Antigua Mesopotamia. Madrid, España.

M. Fonseca, A. H. (2007). Una escoba para barrer algunos preconceptos. Revista Cubana de Física, vol. 24 No, p.69-71.

Martín, M. d. (2010). Variables del aprendizaje significativo para el desarrollo de las competencias básicas. Santa Cruz de Tenerife.

MEN Nacional, M. d. (2003). Estandares Basicos de Competencias. Bogotá.

Miravete A & Larrodé E. (2004). Transportadores y elevadores. Barcelona, España.

Molina, F. T. (2005). El surgimiento de la dinámica galileana: historia e historiografía. Scielo Brazil.

Nuñez V., (2010). Encrucijadas de la educación social. Barcelona, España.

Sánchez, R. G. (2008). La enseñanza de conceptos físicos en secundaria: diseño de secuencias didácticas que incorporan. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 3, No. 1, 62-67. Sepulveda, A. (2012). Los conceptos de la Física Evolución Historica. Medellin: Editorial Universidad de Antioquia.
Silvio Vaccaro D., (2008). La tensión entre estática y dinámica desde la Antigüedad hasta el Renacimiento. Buenos Aires, Argentina.
Solís, C. & Sellés, M.(2005). Historia de la ciencia. Madrid: Espasa.
Suerdlik, R. J. (2011). Pruebas y Evaluación Psicológicas. Introducción a las pruebas y a la medición. México D.F.: Mc Graw Hill. Roger Osborne, P. F. (1998). El Aprendizaje de las ciencias: implicaciones de las "ideas previas" de los alumnos.
Riley Willian, (1995). Ingeniería Mecánica estática. Barcelona, España.