

**REPÚBLICA DE COLOMBIA  
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA**

**EL CONCEPTO DE TRABAJO DESDE UNA PERSPECTIVA HISTÓRICO  
EPISTEMOLÓGICA**

**Investigación Monográfica Para Optar Por El Título De Licenciado En  
Matemáticas Y Física**

**Investigadores**

**OSSA SOTO SELENNY  
CANO YEPES NOEMY ELVIRA**

**Asesor de la investigación**

**AGUILAR MOSQUERA YIRSEN  
Magíster en educación con énfasis en ciencias experimentales**

**MEDELLÍN  
2010**

**EL CONCEPTO DE TRABAJO DESDE UNA PERSPECTIVA HISTÓRICO  
EPISTEMOLÓGICA**

## **ACEPTACIÓN**

---

**Asesor  
Yirsen Aguilar Mosquera  
Medellín**

**Sustentación**

**Día \_\_\_\_\_ Mes \_\_\_\_\_ Año \_\_\_\_\_**

## AGRADECIMIENTOS

*A los estudiantes Daniel Ardila Ruiz, Diana Cristina Castro Alarcón, Michell Gómez Agudelo, Juan Esteban Muñoz Hoyos y Leonardo Velásquez, al docente Leyder Quintero; a las directivas de la Institución Educativa El Salvador por su ayuda y colaboración incondicional durante todo el proceso de la investigación.*

*A nuestro asesor Yirsen Aguilar Mosquera por su orientación y acompañamiento; a los compañeros del seminario de investigación por sus aportes académicos.*

## DEDICATORIA

*A nuestras familias por su apoyo incondicional en los momentos más exigentes de nuestra formación.*

*A nuestra Alma Mater por brindarnos la oportunidad de ser parte de ella.*

*A todos los maestros que contribuyeron desde sus disciplinas y sus espíritus en nuestro proceso de formación académica.*

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
ANEXOS	ix
RESUMEN	10
1. ESTADO DEL ARTE	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. OBJETIVOS	22
4.1 Objetivo General	22
4.2 Objetivos Específicos	22
5. MARCO METODOLÓGICO	23
5.1 Caracterización de la investigación	23
5.2 Caracterización del contexto	25
5.3 Caracterización de los casos	26
5.4 Fases de la investigación	26
5.4.1 Fase 1. Fundamentación de la propuesta y selección de casos	26
5.4.2 Fase 2. Diseño de Instrumentos, recopilación de la información	27
5.4.3 Fase 3. Sistematización y análisis de la información	28
5.4.4 Fase 4. Diseño de la secuencia didáctica, redacción y socialización del informe final	29

6. MARCO CONCEPTUAL	30
6.1 Uso de la historia y epistemología de las ciencias en la enseñanza	30
6.2 El concepto trabajo en el contexto de la enseñanza	33
6.3 El concepto trabajo desde una perspectiva histórica	36
6.3.1 Contexto sociocultural de la época donde se construye el concepto	36
6.3.2 Génesis del concepto trabajo	38
6.3.3 Función del concepto trabajo en la determinación de la ley de la conservación de la energía	39
6.4 El concepto trabajo desde la perspectiva de Coriolis	41
7. SISTEMATIZACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS	54
7.1 CUESTIONARIO DE INDAGACIÓN AL CONCEPTO TRABAJO	54
Matriz de respuestas a instrumento de indagación	55
7.2 ENTREVISTA INDIVIDUAL	59
Matrices de respuestas de cada caso a la entrevista	59
7.3 CONVERSATORIO	65
Matriz de respuestas al conversatorio	67
7.4 INSTRUMENTO DE CONCEPTUALIZACIÓN 1	69
Matriz de respuestas al instrumento de conceptualización 1	71
7.5 INSTRUMENTO DE CONCEPTUALIZACIÓN 2	75
Matriz de respuestas al instrumento de conceptualización 2	79
7.6 INSTRUMENTO DE APLICACIÓN	81
Matriz de respuestas instrumento de aplicación	83
8. ANÁLISIS DE LOS HALLAZGOS	85
8.1 cuestionario de indagación	87

8.2 Entrevista	90
8.3 Conversatorio	94
8.4 Instrumento de conceptualización 1	96
8.5 Instrumento de conceptualización 2	99
8.6 Instrumento de aplicación	100
8.7 Correspondencia por modelos a través de todos los instrumentos	101
Matriz de correspondencia por modelos a través de todos los instrumentos para cada caso	102
9. SECUENCIA DIDÁCTICA	104
9.1 actividad de indagación	104
9.2 Actividades introductorias al concepto	104
9.3 Actividades de conceptualización	105
9.4 Actividades de aplicación	105
10. Conclusiones	106
Bibliografía	107

## ANEXOS

	Pág.
A. CUESTIONARIO DE INDAGACIÓN AL CONCEPTO TRABAJO	109
B. ACTIVIDAD INTRODUCTORIA (PARTE UNO)	111
C. ACTIVIDAD INTRODUCTORIA (PARTE DOS)	113
D. INSTRUMENTO DE CONCEPTUALIZACIÓN 1	115
E. INSTRUMENTO DE CONCEPTUALIZACIÓN 2	118
F. INSTRUMENTO DE APLICACIÓN 1	121
G. INSTRUMENTO DE APLICACIÓN 2	123

## RESUMEN

Considerando la recontextualización de los conocimientos se construye esta propuesta de enseñanza a partir del análisis y la formalización del concepto trabajo desde la perspectiva de Coriolis. En la resignificación de dicho concepto se recurre a la fenomenología asociada al levantamiento de pesos con ayuda del plano inclinado y algunos elementos claves de la estática y la dinámica abordados por el autor en su obra “Del cálculo del efecto de las maquinas o las consideraciones sobre el empleo de los motores y sobre su evaluación”.

La propuesta de enseñanza que aquí se presenta tiene un enfoque histórico epistemológico y se fundamenta en una cosmovisión fenomenológica y relativista de los conocimientos, los cuales se conciben como construcciones culturales que tienen validez en contextos particulares.

Este tipo de propuestas alternativas de enseñanza responden a ciertas necesidades de formación identificadas en las actuales dinámicas sociales las cuales exigen a los docentes la búsqueda de nuevas metodologías o estrategias de enseñanza que vinculen a los estudiantes en la construcción de los conocimientos.

**Palabras claves:** Recontextuallizacion, Formalización, Historia, Epistemología, Trabajo, Coriolis, Fenomenología, Análisis, Interpretación.

## 1. ESTADO DEL ARTE

Los siguientes textos se consideran de interés a la hora de abordar las diferentes temáticas requeridas para alcanzar el desarrollo conceptual del concepto trabajo porque ofrecen elementos claves para lograr un acercamiento al concepto y al contexto de producción del mismo, igualmente permitirán un acercamiento a los autores que se indagaran y estudiaran.

### **Texto específico**

- ✓ Coriolis, Du calcul de l'effet des machines, ou considérations sur l'emploi des moteurs et sur leur évaluation, Carilian-Goeury, Paris 1829.

Este libro ofrece la posibilidad de analizar la carga teórica alrededor del concepto trabajo y permite realizar un buen acercamiento al contexto de producción a fin de realizar una adecuada recontextualización del concepto.

### **Investigaciones específicas**

Los siguientes artículos hacen referencia a las dificultades de los alumnos frente al concepto científico.

- ✓ Wainmaier Cristina, Julia Salinas, Depto. de Ciencias y Tecnología. Universidad Nacional de Quilmes, Roque Sáenz Peña 180 - (1876) Bernal. E - Mail: cwainmaier@unq.edu.ar, Depto de Física. Facultad de Cs. Exactas y Tecnología. UNT, Mecánica Newtoniana: Dificultades De Estudiantes Universitarios.

El artículo muestra algunas de las dificultades de los alumnos frente a la adquisición de los conceptos científicos, por concepciones alternativas de los

estudiantes o por imprecisiones al relacionar conceptos y leyes con referentes sensibles e inmediatos, al parecer puede estar asociado a las visiones sobre la naturaleza de los conceptos, las leyes, las teorías y los modelos de la mecánica newtoniana.

- ✓ Machado Michinel, J.L. Y D'alessandro Martínez, A. Escuela de Física, Facultad de Ciencias, UCV, 47586 Caracas 1041-A. Cátedra de Fisiología, Escuela Luis Razetti, Facultad de Medicina, UCV. Departamento de Procesos Biológicos, USB. El Concepto De Energía En Los Libros De Textos: De Las Concepciones Previas A La Propuesta De Un Nuevo Sublenguaje.

El artículo hace relación a un análisis realizado a algunos textos de física a nivel universitario y de la escuela básica frente al concepto de Energía y temas relacionados como, calor y trabajo. Se resaltan algunas imprecisiones en los conceptos asociados a la energía desarrollados en los textos analizados.

### **Textos de física**

Los siguientes textos de uso universitario ofrecen la posibilidad de identificar la definición del concepto trabajo y la carga teórica del mismo, igualmente permitirán identificar los modelos explicativos presentes en ellos.

- ✓ Resnick Robert, David Holliday, editorial continental, S.A. De C.V., Mexico, septiembre de 1984.
- ✓ Serway Raymond Física tomo I cuarta edición, McGRAW-HILL, 1997

### **Estudios de epistemología e historia de las ciencias**

Los siguientes textos permitirán conocer e identificar las características y la importancia de la epistemología e historia de la ciencia.

- ✓ M.R. Matthews, Historia, Filosofía Y Enseñanza de Las Ciencias: La Aproximación Actual, Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 1994 Vol.: 12 Núm.: 2,1994 Vol. 12 Núm. 2.

En el artículo se plantea la Historia y Filosofía como alternativa de la enseñanza de Las ciencias, mostrando algunas controversias en pro y en contra de la misma, muestra posibles alternativas de trabajo en el aula, se asume su importancia en la dinámica de trabajo del aula y no se concibe como una asignatura independiente de la enseñanza de las ciencia.

- ✓ Yehuda Elkana, "La Ciencia Como Sistema Cultural (Una Aproximación Antropológica)" en: boletín de la sociedad colombiana de epistemología vol. 3 No. 10-11 Bogotá.

El artículo muestra la ciencia como un sistema cultural ya que ésta es el producto de una construcción humana y por ende se halla inscrita en un contexto sociocultural y su desarrollo depende en sí de las perspectivas de sociedad y de ciencia vigentes en el contexto del momento.

- ✓ Paruelo, Jorge, Enseñanza de las Ciencias y filosofía, Enseñanza de las Ciencias Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 1994 Vol.: 12 Núm.: 2,1994 Vol. 12 Núm. 2.

Este artículo muestra como la falta de un correcto análisis epistemológico de la ciencia, conduce a problemas en los procesos de enseñanza aprendizaje. También identifica el rol de la filosofía de la ciencia en los grupos de investigación y en la formación docente.

- ✓ Kunh Thomas S, La Tensión Esencial, Fondo De La Cultura Económica, primera edición 1982.

El libro se halla dividido en una serie de dieciséis ensayos, de los cuales cobran interés para el presente trabajo las relaciones entre la historia y la filosofía de la ciencia, la conservación de la energía como ejemplo de descubrimiento simultáneo, entre otros.

- ✓ Stake, RE. Investigación con estudio de casos Morata. ameno para la investigación en estudio de casos.

En el libro se desarrolla detalladamente la dinámica de la investigación a partir del estudio de casos, se especifican características importantes y claves frente a este tipo de investigación.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la enseñanza de las ciencias el docente debe superar una serie de dificultades; algunas están relacionadas con su visión de ciencia dado que ésta influye en su labor, en el tipo de relaciones que establece con la disciplina y determinando el que y el cómo enseñar. Si se concibe la ciencia como un sistema de verdades.

La enseñanza de las ciencias, desde este punto de vista, consiste en la transmisión "neutral" de saberes y en el acercamiento a la realidad verdadera; solo se necesita seguir un acervo de tácticas, procedimientos y reglas para "descubrir sin pensar", como empleando un "poder mágico" <sup>1</sup>

Si se concibe la ciencia como una actividad cultural, el aula sería un contexto de producción de conocimientos y el uso de la historia de las ciencias es fundamental, La historia de las ciencias desde el punto de vista "socio-cultural" mostrará alternativas que en alguna época – debido a la caracterización del contexto particular en que ocurrió - fueron dejadas de lado, y que ahora podrían ser recontextualizados con fines tanto pedagógicos, como de concientización sobre nuestra actual situación frente a la producción científica".<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Rodriguez Luz Dary, Ayala Maria Mercedes, La historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias, Física y cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias, # 2, 1996 pag 77

<sup>2</sup> Ibid, pag 91

En este sentido el docente debe dar gran importancia a los contextos dado que cada teoría es válida dentro de un contexto particular.

Otras dificultades se presentan cuando un término es común al lenguaje cotidiano y al lenguaje científico; al respecto Jaime Carrascosa afirma: “Cuando un estudiante se encuentra en el aula o en los libros con un término que ya conoce por el lenguaje cotidiano, es lógico que de forma más o menos consciente intente transferir el significado que se le da vulgarmente a su significado científico.”<sup>3</sup>

Por otra parte en el contexto de la enseñanza, cuando son abordados algunos temas, se presentan dificultades conceptuales introducidas por los textos. Por ejemplo si se toma el concepto **trabajo**, que es sobre el que se realiza esta investigación, se pueden encontrar expresiones como:

«De manera análoga, el trabajo no es algo que el sistema contenga en una cantidad definida. Sobre un sistema se puede efectuar una cantidad definida de trabajo, tal como lo ilustra el aparato de Joule. El trabajo, como el calor, involucra una transferencia de energía. En la mecánica, el trabajo interviene en aquellas transferencias de energía en la que no intervenga la temperatura. Si se transmite energía calorífica por diferencia de temperatura, el calor puede distinguirse del trabajo definiendo el trabajo como la energía que se transmite de un sistema a otro de tal manera que no esté involucrada directamente una diferencia de temperaturas...»<sup>4</sup>

Éste texto genera confusión porque por un lado se asume el trabajo como algo que involucra una transferencia de energía y por otro lado se define el trabajo como la energía que se transmite de un sistema a otro, ¿se podría decir entonces que el trabajo es la energía transferida?

---

<sup>3</sup> Carrascosa (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad parte I. Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, vol.2 , No 2,pag.194.

<sup>4</sup>Resnick Robert, David Holliday, editorial continental,S.A. De C.V.,Mexico,septiembre de 1984. Pág. 500

En otro texto se presenta lo siguiente:

“El trabajo hecho sobre (o por) un sistema es una medida de la transferencia de energía entre el sistema y sus alrededores, mientras que la energía mecánica del sistema (cinética y/o potencial) es una consecuencia de su movimiento y coordenadas. ... cuando un émbolo comprime un gas, éste se calienta y su energía térmica aumenta, pero no hay transferencia de energía térmica; si el gas se expande luego rápidamente, se enfría y su energía térmica disminuye, pero no hay transferencia de energía térmica a los alrededores. En cada caso, la energía se transfiere hacia o del sistema como trabajo, pero la energía aparece dentro del sistema como un aumento o reducción de la energía térmica.”<sup>5</sup>

En el texto anterior se pueden inferir aspectos que generan cierta confusión al considerar que el trabajo es un escalar que mide la energía transferida y además, considera que en ciertos casos la energía se transfiere como trabajo.

El concepto trabajo en ambos textos resulta vago o impreciso, por lo tanto es lícito plantear que esto genera en los estudiante dificultades en la comprensión del concepto.

Desde el contexto de la enseñanza y a partir de un análisis hecho a algunos textos de nivel básico acerca de cómo es presentado el concepto trabajo se concluye:

- El método utilizado está basado en la transmisión, mostrando el conocimiento como algo acabado y estático, donde el estudiante es un simple consumidor.
- El **trabajo** es definido de forma algebraica ( $W = F \times \Delta$ ); esta conceptualización es inapropiada porque en ella prima el tratamiento

---

<sup>5</sup> Serway Raymond, Física tomo I cuarta edición, McGRAW-HILL, 1997 Pág.555

algorítmico y no se da importancia al análisis y la reflexión del fenómeno o la teoría física asociada al concepto.

- Se considera que en la enseñanza del concepto trabajo se recurre muy poco al uso de la historia y la epistemología de la física, de esta manera no se genera discusión sobre el desarrollo histórico del concepto, sobre su proceso de construcción, sobre los aportes que el desarrollo de esta teoría le hace a la cultura y al pensamiento humano, sobre el trabajo y el conocimiento científico. Cuando algunos textos hacen uso de la historia lo hacen de forma biográfica o a modo de hecho histórico, es decir como dato aislado o curioso donde el contexto en el que se desarrolló el concepto no es tenido en cuenta.

Conscientes de la importancia que tiene el contexto en la producción científica, de las confusiones que se deslizan en los procesos de enseñanza-aprendizaje y considerando además que la metodología empleada en la enseñanza del concepto trabajo deja por fuera algunas consideraciones de carácter filosófico necesarias en la construcción del conocimiento surge el siguiente interrogante: **¿Cómo plantear una propuesta de formalización y recontextualización del concepto trabajo a partir del análisis de la perspectiva de Coriolis?**

### 3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de un país depende en gran medida del progreso científico y éste a su vez de la cultura que lo promueve para resolver problemáticas que generan nuevas condiciones de vida, lo anterior explica el interés por mejorar la enseñanza de las ciencias tanto en países en vía de desarrollo como en aquellos más avanzados, promoviendo la búsqueda de nuevas metodologías o estrategias de enseñanza que apunten al progreso científico de las naciones, esto es comprensible si se tiene en cuenta que:

(...) se ha asumido como un precepto que en el nuevo orden mundial la producción científica y tecnológica es la primera fuerza productiva, se suele considerar que la capacidad de un país para insertarse en la competencia del mercado depende de su grado de desarrollo científico y tecnológico<sup>6</sup>.

De este modo para cada país es muy importante contar con comunidades vinculadas en los procesos de construcción de conocimientos. Si se tiene en cuenta que en el interior de las aulas están quienes en el futuro deben afrontar situaciones cada vez más complejas y con mayor nivel de exigencia, se requiere de propuestas educativas innovadoras y creativas que favorezcan la formación de una sociedad más activa y crítica en concordancia con las necesidades actuales.

En este sentido el uso de la historia y epistemología de las ciencias en la elaboración de propuestas de enseñanza apunta al objetivo buscado dado que a partir de esta herramienta se puede mostrar el carácter discontinuo del

---

<sup>6</sup> Ayala M. Maria Mercedes , historia de las ciencias y la formación de profesores un análisis contextual,pp 98-99

desarrollo científico y modificar la concepción de ciencia predominante, la cual corresponde con una visión realista del conocimiento en donde la ciencia es considerada como una colección de productos acabados, la labor pedagógica está orientada a la transmisión y el alumno asume una actitud pasiva frente al conocimiento. Al abordar la enseñanza de conceptos físicos desde la perspectiva histórico - epistemológica y desde el enfoque sociocultural, se promueve una visión de ciencia como actividad humana desarrollada a través de modificaciones, reorganizaciones o rupturas y se da cabida a una participación activa del estudiante en los procesos de construcción de conocimientos.

En esta investigación se aborda el concepto trabajo dado que la conceptualización aportada por los textos escolares no es suficientemente clara, éste es presentado de forma algorítmica y se suele asumir como una forma de energía, así lo muestran investigaciones realizadas sobre el tema mediante la siguiente afirmación :

En la totalidad de los textos analizados se considera el trabajo como una forma de energía. En algunos se presenta la idea de manera bastante contradictoria, ya que, si en un principio tratan de zafarse de esta concepción, durante el desarrollo del tema regresan a ella (...)<sup>7</sup>

Por otra parte en el marco de la conservación de la energía el concepto trabajo se aborda sin hacer aclaraciones sobre el concepto como tal y sólo es usado para establecer equivalencias cuantitativas entre este concepto y la energía cinética o la energía potencial, contribuyendo así a perpetuar la idea de concebir el trabajo como una forma de energía.

---

<sup>7</sup> Michinel Machado, J.L. y D'Alessandro Martínez, A. El concepto de energía En los libros de textos: De las concepciones previas A la propuesta De un nuevo sublenguaje. pp374

Lo anterior hace evidente la necesidad de una resignificación del concepto trabajo mediante el uso de la historia y epistemología de la física que permita la elaboración de propuestas alternativas para su enseñanza orientadas a construir desde el interior del aula la visión de ciencia como una actividad cultural.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo General

Plantear una propuesta de formalización y recontextualización del concepto trabajo a partir del análisis de la perspectiva de Coriolis.

### 4.2 Objetivos Específicos

- 4.2.1 Realizar un análisis del proceso de formalización del concepto **trabajo** desde la perspectiva de Coriolis.
- 4.2.2 Realizar una resignificación en el contexto de la enseñanza del concepto **trabajo** a partir del análisis de la obra de Coriolis.
- 4.2.3 Identificar y caracterizar los modelos explicativos que sobre el concepto trabajo tienen 5 estudiantes de la IE el Salvador.
- 4.2.4 Elaborar una secuencia didáctica caracterizada por el uso de la historia y la epistemología de las ciencias que posibilite la recontextualización del concepto **trabajo**.

## 5. MARCO METODOLÓGICO

### 5.1. Caracterización de la investigación

Esta investigación es desarrollada con la metodología de la investigación cualitativa con estudio colectivo de casos donde cada estudiante es un caso. Este estudio de casos es instrumental porque los casos son usados para comprender cómo los estudiantes comprenden el concepto trabajo.

La observación, el análisis y la interpretación exhaustiva de los casos permiten direccionar esta investigación según los intereses y necesidades de la misma. La constante interpretación característica de la investigación cualitativa permite la búsqueda de los asertos (continuas conclusiones) apelando a la estrategia de la triangulación.

Acorde con la concepción de conocimiento como construcción cultural, esta investigación presta gran importancia a los contextos porque de ellos dependen las perspectivas de realidad que se construyen. De este modo esta investigación se enmarca dentro de la perspectiva relativista del conocimiento. “la mayoría de investigadores cualitativos son relativistas ya que hacen hincapié en la elaboración personal y experiencial del conocimiento”<sup>8</sup>

Este estudio se caracteriza porque dirige las preguntas de la investigación a los casos. Cada caso es único y particular, por eso son tan

---

<sup>8</sup> Stake R. E. Investigación con estudio de casos pag 91

importantes los contextos individuales porque ellos contribuyen a la comprensión de cada caso. Desde esta perspectiva no se asume una verdad universal, puesto que se considera que todo pensamiento es relativo y depende de los contextos de producción, podría decirse entonces que ésta es una razón de base por la cual esta investigación cualitativa no busca hacer generalizaciones. “El cometido real del estudio de casos es la particularización no la generalización. Se toma un caso particular y se llega a conocerlo bien, y no principalmente para ver en qué se diferencia de los otros, si no para ver qué es, qué hace”<sup>9</sup>. Este estudio de casos se interesa por la particularidad y la complejidad de cada caso buscando la comprensión; no se pretende entonces comprender otros casos a partir de los casos en cuestión.

En este estudio cualitativo la observación, la descripción y la interpretación jugaron un papel importante, a partir de ellas se encontraron elementos que revelaron la complejidad de los casos y apuntaron hacia la construcción de la comprensión de éstos.

Dado que la comprensión y la interpretación tienen también un aspecto psicológico, esta investigación cualitativa tiene una buena carga de subjetividad y éste ha sido uno de los argumentos utilizados por quienes son críticos de esta metodología, pero en esta investigación se considera la subjetividad como un elemento esencial de la comprensión.

Debido a la carga de subjetividad característica de esta metodología, se buscó eliminar falsas interpretaciones con estrategias que permitieron mayor precisión; la triangulación es una de las estrategias que ayudan constantemente a la revisión, en ella se buscan interpretaciones adicionales reconociendo que existen múltiples perspectivas o visiones de los casos.

---

<sup>9</sup> Ibid pag 20

El principio de relatividad es de gran importancia en el estudio cualitativo de casos. Cada investigador contribuye de forma singular al estudio de un caso; cada lector deduce significados singulares. Éstas y otras diferencias dependen de los objetivos del estudio, de la situación inmediata del caso y de las circunstancias del lector”<sup>10</sup>

## **5.2. Caracterización del contexto**

La institución educativa El Salvador, ubicada en el Barrio El Salvador, zona centro-oriental de la ciudad de Medellín, comuna 9, fue creada en el 2002 como producto de la fusión de la escuela especial El Salvador y la escuela José de San Martín. Es una institución de carácter oficial, la cual ofrece educación en preescolar primaria y básica media, atendiendo una población perteneciente a estratos uno, dos y tres.

El nivel económico poco favorable de las familias de donde provienen los estudiantes ha incidido en los alumnos en la formación de grupos delincuenciales, inseguridad, explotación de menores, desnutrición, poco acompañamiento académico, disminución en el nivel educativo y por ende la calidad de vida.(PEI Institución educativa el salvador).

De las observaciones realizadas al contexto respecto a la actitud de los estudiantes, la falta de disciplina, la inasistencia y las llegadas tarde fueron aspectos característicos en la mayoría. En las clases se observó una actitud pasiva frente al conocimiento, poca participación e incumplimiento con los compromisos académicos. Se notó además poca cohesión en los grupos, dificultándose la conformación de equipos de trabajo.

---

<sup>10</sup> Ibid pag 92

### **5.3. Caracterización de los casos**

Se seleccionaron cinco estudiantes, tres hombres y dos mujeres cuyas edades oscilan entre los 15 y 17 años, quienes al inicio de la investigación inicialmente pertenecían al grado décimo (10° 2) y al final de la misma hacen parte del grado undécimo (11°2).

En la elección de los casos se tubo en cuenta principalmente la disponibilidad de los informantes, las inquietudes e intereses que presentan frente al conocimiento de la física y con respecto al rendimiento académico se eligieron: un hombre y una mujer de buen rendimiento, un hombre y una mujer de regular rendimiento y un hombre de bajo rendimiento.

### **5.4. Fases de la investigación**

La investigación se realizó en cuatro fases desarrolladas en un periodo de tres semestres académicos, con seis intervenciones de dos horas cada una. Durante los dos semestres del 2009 se desarrollaron las fases uno, dos y parte de la tres. En el primer semestre del 2010 se aplicaron los instrumentos restantes, para lograr la triangulación, el análisis y la presentación del informe final.

#### **5.4.1 Fase 1. Fundamentación de la propuesta y selección de casos**

En esta fase se perfilaron las bases para el desarrollo de la investigación, se elaboró el estado del arte, se realizó el planteamiento del

problema, la formulación de objetivos y se construyeron los marcos metodológico y conceptual, los cuales guiaron el proceso investigativo.

#### **5.4.2 Fase 2. Diseño de instrumentos, recopilación de la información**

En esta investigación la información se recogió y organizó en categorías apriorísticas las cuales surgieron a partir de los análisis que inicialmente se hicieron a algunos textos escolares y universitarios y en categorías emergentes las cuáles surgieron a partir de la indagación de los casos, siendo necesario para ello recurrir a la triangulación como estrategia de análisis.

Se diseñaron diferentes tipos de instrumentos caracterizados por su componente histórico epistemológico. Los análisis realizados a Coriolis, al contexto en el que se desarrolla el concepto y a los contextos de uso proporcionaron claves, ejemplos, experiencias, discusiones y metodologías que fueron usadas en la elaboración de los instrumentos.

Partiendo de las categorías apriorísticas, se elabora un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas sobre el concepto trabajo y una entrevista con el fin de indagar sobre lo que los estudiantes saben acerca del concepto. La información obtenida sirvió para identificar las categorías emergentes e influyó en la elaboración de los instrumentos que se aplicaron posteriormente.

Un conversatorio desarrollado en base a una lectura que habla sobre el contexto de producción del concepto y lecturas con experimentos mentales que permiten relacionar variables y fenómenos fueron aplicados con el fin de ayudar a los estudiantes a organizar sus ideas e incorporar nuevas que les fueron útiles en la elaboración de sus explicaciones y argumentos. Estos

instrumentos a la vez marcaron un camino a seguir y permitieron iniciar el proceso de formalización del concepto.

Para continuar con el proceso de formalización se realiza una lectura y se elabora un mapa conceptual como instrumento ideal para apoyar la construcción y estructuración del concepto trabajo. Finalmente se realizó un taller o prueba escrita donde los estudiantes pudieron transferir y aplicar lo aprendido y a partir de la información obtenida se analizó el grado de comprensión alcanzado por cada caso.

### **5.4.3 Fase 3. Sistematización y análisis de la información**

El uso de matrices de doble entrada fue una estrategia que permitió organizar la información y realizar la triangulación entre casos y respuestas, casos y categorías, modelos y categorías, casos e instrumentos; este cruce de información facilitó el análisis que condujo a los asertos establecidos.

Otras estrategias utilizadas fueron el análisis por palabra, realizado a partir de la identificación de las palabras más relevantes en cada caso y el análisis por correspondencia de modelos, comparando los modelos teóricos y los modelos explicativos de los casos en estudio; esto permitió la creación de rutas con sentido que facilitaron obtener una información coherente y consistente, acorde con las necesidades e intereses de la investigación.

En este estudio cualitativo de casos la función interpretativa permitió llevar a escena la información suministrada por los casos y de igual forma trazar una ruta a seguir en el proceso investigativo a fin de lograr los objetivos inicialmente trazados. Para lograr validez en esta investigación se recurrió a la revisión exhaustiva de la información recolectada, depurándola y logrando

continuos asertos que facilitaron la interpretación coherente y consistente que llevaron al desarrollo lógico de esta investigación, todo esto a partir de la triangulación, entendida como el uso de un tercer punto de vista, de percepción, de interpretación, de proceder en la toma de datos ó de procesar datos.

Las diferentes estrategias de triangulación sirvieron de herramienta en el proceso a saber: triangulación de fuentes de datos es el esfuerzo por ver si aquello que observamos y de lo que informamos contiene el mismo significado en otras circunstancias; la triangulación del investigador presenta las observaciones (con nuestra interpretación o sin ella) a una comisión de investigadores o expertos para analizar interpretaciones alternativas; la triangulación de la teoría dado que nunca dos investigadores interpretan las cosas de una forma completamente idéntica, siempre que varios investigadores comparan sus datos se produce algún tipo de triangulación de la teoría y la triangulación metodológica: a fin de consolidar la investigación.

#### **5.4.4 Fase 4. Diseño de la secuencia didáctica, redacción y socialización del informe final**

Con el fin de darle validez a esta investigación, los resultados obtenidos se presentaron a otros investigadores y posteriormente fueron socializados en la facultad de educación de la universidad de Antioquia. A partir del análisis de los resultados de esta investigación se diseñó una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto trabajo, la cual puede ser referente para el diseño de otras propuestas de enseñanza de dicho concepto.

## **6. MARCO CONCEPTUAL**

### **6.1 Uso de la historia y epistemología de las ciencias en la enseñanza**

Desde hace varias décadas se ha incrementado la búsqueda de nuevas estrategias para mejorar la enseñanza de las ciencias y disminuir las cifras de analfabetismo científico; este interés ha generado un buen número de investigaciones en el tema, dentro de las cuales algunas otorgan gran importancia a los aportes que le hacen la epistemología y la historia de las ciencias a la enseñanza. (Hodson, 1988; Gil Pérez, 1993; Saltiel y Viennot, 1985; Gagliardi, 1988; Wandersee, 1986, 1992). En este sentido la historia y epistemología de las ciencias es presentada como una herramienta útil para el desarrollo de nuevas estrategias de enseñanza. La inclusión de contenidos de historia y filosofía de la ciencia en los currículos educativos nacionales, la celebración de congresos internacionales sobre historia y filosofía de las ciencias, la introducción de material histórico epistemológico en los programas universitarios de ciencias y en especial en programas de formación docente son una muestra del creciente interés que ha generado este tema en la enseñanza.

Los defensores de la historia y epistemología de las ciencias están defendiendo de algún modo una versión contextualizada de la enseñanza de las ciencias. Es decir, una enseñanza de las ciencias que enseñe ciencias en su contexto social, histórico, filosófico, ético y tecnológico. En parte, esto es una reelaboración

del viejo argumento: la enseñanza de las ciencias debería ser una enseñanza sobre la ciencia, así como en la ciencia.<sup>11</sup>

Mostrar el cómo y el por qué surgen las ideas y teorías científicas, el contexto de la época en que fueron elaboradas, la manera como el contexto influye en los científicos de dicha época, permite mostrar una visión de ciencia como construcción cultural, dejando atrás la visión dogmática y de sentido común.

El uso de la historia y epistemología de la ciencia en la enseñanza puede generar interés y motivación en los alumnos porque posibilita la discusión y participación activa; tener en cuenta las condiciones del contexto en el que desarrolló una teoría y como se fueron construyendo históricamente los conocimientos puede proporcionar una mejor comprensión de los contenidos; considerar la labor científica determinada por el contexto, por intereses y aspectos propios de la personalidad del científico, de los cuales éste no puede prescindir, es humanizar la ciencia, puesto que el científico como todo ser humano, está influenciado por creencias, ideologías, intereses políticos, éticos, culturales, etc. En este sentido Matthews afirma “La historia y la filosofía pueden hacer idealizaciones de la ciencia mas humanas, comprensibles y explicarlas como útiles con derecho propio para ser apreciadas”.<sup>12</sup>

Cuando se enseñan los contenidos de la ciencia como un producto acabado y se omiten los procesos, los métodos, los cambios o transformaciones involucrados en la construcción histórica de ésta, se está

---

<sup>11</sup>Matthews, Michael R. Auckland University, New Zealand, Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual, Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 1994, 12, 2pag.256.

<sup>12</sup> Matthews, Michael R. Auckland University, New Zealand, Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual, Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 1994, 12, 2 pag.264.

transmitiendo una visión de ciencia estática, incuestionable, difícilmente transformable y lo mas lamentable es que esta manera de enseñar la ciencia aporta poco en el desarrollo del pensamiento critico reflexivo, de las habilidades propositivas y de la imaginación del alumno; mientras que con el uso de la epistemología y la historia de las ciencias se posibilita que dichas capacidades y habilidades sean potenciadas.

Considerando todo lo anterior, la historia y epistemología de las ciencias juega un papel muy importante en la investigación, en la enseñanza de las ciencias y en la formación docente. En este sentido Jorge Paruelo quien asume la epistemología como filosofía de la ciencia (disciplina en la cual el interés esta centrado en el análisis de los supuestos de las teorías científicas o de las formas de validación de las mismas) expone dos objetivos que justifican la necesidad de una formación epistemológica en el docente:

Poder sostener con sus alumnos discusiones con un nivel razonable de profundidad en ciertos temas.  
Poder analizar los supuestos que esta asumiendo en sus clases o en sus textos cuando enseña alguna teoría y también los supuestos epistemológicos de los currículos escolares<sup>13</sup>

Cave resaltar que el logro de estos objetivos está directamente relacionado con la visión de ciencia que tiene el docente y la actuación de éste en el aula está determinada por dicha visión, la cual comunica constantemente de manera explícita o implícita.

En esta investigación, la historia y la filosofía son asumidas desde una perspectiva relativista del conocimiento. La historia es asumida del mismo modo que lo hace Edwar Carr, es decir, ésta no se considera como un conocimiento universal sino como un conocimiento válido dentro de un contexto

---

<sup>13</sup> Paruelo, Jorge, Universidad de Buenos Aires Lautaro 827. Dto B. 1406 Ciudad de Buenos Aires. Argentina jparuelo@mail.retina.ar, Historia Y Epistemología De Las ciencias, pag333

de producción así la historia puede ser fuente de inspiración; allí se pueden encontrar problemas, métodos ya olvidados que pueden ser útiles en el contexto educativo. La filosofía de las ciencias es un pensamiento sobre la naturaleza, para Thomas kuhn todo conocimiento sobre la naturaleza es un conocimiento válido en un momento y un lugar particulares, esto corresponde a una perspectiva relativista de los conocimientos en la cual se considera que no existen verdades últimas y por lo tanto todo pensamiento sobre la naturaleza es relativo y depende de procesos de construcción. En el contexto educativo se puede hacer uso de la filosofía para analizar ideas, conceptos, métodos, reflexionar sobre la estructura de las teorías científicas y construir propuestas de enseñanza.

La historia y la filosofía de la física a través de un diálogo interdisciplinario son usadas en esta investigación con una intencionalidad pedagógica; cada uno de estos conocimientos hace un aporte trascendental en la formalización del concepto trabajo.

## **6.2 El concepto trabajo en el contexto de la enseñanza**

Corrientes filosóficas como el positivismo lógico y el empirismo lógico influyeron de forma determinante en el surgimiento de la perspectiva realista de ciencia, en esta perspectiva se considera que la realidad esta en la naturaleza, el papel del científico es descubrir las leyes que la rigen, el conocimiento científico tiene un carácter lineal, la ciencia se muestra como un producto acabado que debe ser transmitido. Este modo de ver las ciencias influye demasiado en la enseñanza de estas; con respecto a ello se pueden encontrar afirmaciones como la siguiente:

El docente formado desde esta imagen de ciencia considera que lo importante es enseñar la ciencia como producto acabado, la verdad es objetiva e incuestionable, las leyes de la naturaleza existen independientemente de quienes las producen y los conceptos que de ellas se derivan son verdaderos y únicos, el experimento sirve para comprobar la teoría y su validez es universal.<sup>14</sup>

Desde la perspectiva realista de la ciencia, el docente se asume como un transmisor de conocimientos estáticos e irrefutables, su principal recurso didáctico es el texto guía; el estudiante es un simple consumidor, no se generan espacios de discusión sobre el trabajo y el conocimiento científico. Otra concepción de ciencia afirma que es el hombre el que construye perspectivas de realidad, por lo tanto la verdad es subjetiva y relativa porque depende de los contextos de producción. Esto corresponde a una perspectiva relativista de la ciencia.

Desde esta perspectiva la verdad no está en la naturaleza misma, está en el hombre y en su actividad humana y cultural, pero éste, precisamente por su condición humana no puede acceder a la esencia última de las cosas por lo tanto sus verdades son relativas a los marcos socioculturales en los que viven.<sup>15</sup>

Un docente ubicado en esta perspectiva considera la ciencia como una construcción cultural y asume que tanto él como el estudiante son agentes activos en la construcción de conocimientos.

En líneas anteriores se ha tratado de mostrar una relación entre las perspectivas de ciencia y las prácticas de enseñanza, con respecto a esto, Luz Dary Rodriguez y Angel Romero afirman que toda práctica de enseñanza de las ciencias está determinada por la imagen que de la ciencia tenga el maestro.

---

<sup>14</sup> García Arteaga Edwin Germán, Historia de las ciencias en Textos para la enseñanza neumática e hidrostática, Pág. 24

<sup>15</sup> Ibid, pag 27

Teniendo muy presentes las características de las perspectivas realista y relativista de las ciencias se realizó un análisis a algunos textos escolares y universitarios usados frecuentemente, revisando en ellos, como es abordado el concepto trabajo. Se seleccionaron cuatro textos escolares (Física general- Frederick J Bueche, Física con aplicaciones- Wilson, Física fundamental- Michel Valero, Física conceptual- Guillermo Pineda; este último es el texto guía utilizado por el docente de la Institución educativa el Salvador) y dos textos universitarios (Física de Serway, Física de Holliday ) encontrando que:

- En los seis textos sobresale el componente matemático cuando se define el concepto trabajo; por ejemplo en el texto guía (Física conceptual de Guillermo Pineda) el concepto es presentado de la siguiente manera: “Definimos el trabajo  $w$  realizado por una fuerza constante  $F$  a lo largo del desplazamiento  $\Delta s$  como:  $w=F*\Delta s$ ” Los otros textos no se alejan de esta definición y la solución de los problemas propuestos se reduce a la aplicación del algoritmo.
- No se hacen aclaraciones al concepto como tal ni se propone algún tipo de reflexión sobre este.
- En el texto Física general de de Frederick J Bueche el concepto trabajo lo relaciona con el concepto energía en la siguiente expresión: “La energía de un cuerpo es su capacidad para efectuar trabajo. Por consiguiente la energía de un cuerpo se mide en función del trabajo que puede desarrollar.” Si asumimos el trabajo como la energía transferida, cosa que hacen algunos autores como Hollyday ( El calor puede distinguirse del trabajo definiendo el trabajo como la energía que se transmite de un sistema a otro) se puede apreciar una circularidad en la definición de dichos conceptos.
- La metodología implícita en estos textos corresponde a la tradicional, la cual se basa en la transmisión, las actividades se limitan a la

comprobación de leyes presentándose una separación entre teoría y experimentación.

- En estos textos la historia y epistemología de las ciencias no es usada en el desarrollo de la teoría. Si bien el texto de Guillermo Pineda (texto guía) hace uso de la historia, ésta se presenta como un cúmulo de hechos importantes sin considerar las implicaciones sociales de la ciencia, ni otras consideraciones de carácter filosófico.

A partir del análisis realizado a los textos anteriores se puede apreciar que la visión realista de la ciencia sigue vigente; podría decirse que está instalada en el contexto de la enseñanza, lo cual se evidencia en la forma como son presentados los conceptos y en la metodología propuesta; donde se muestra la ciencia como un producto acabado, sin cabida a la participación activa de los estudiantes. Por todo lo mencionado anteriormente se considera necesario recurrir a otros métodos que muestren el desarrollo de los conceptos, la construcción social de la ciencia y posibiliten la discusión al interior del aula.

### **6.3 El concepto de trabajo desde una perspectiva histórica**

#### **6.3.1 Contexto sociocultural de la época donde se construye el concepto**

En el siglo XVII, la revolución científica con la utilización de métodos experimentales para estudiar la naturaleza, da pie a un movimiento de rechazo de la autoridad y el dogmatismo del periodo medieval; dicho movimiento tuvo sus efectos en la filosofía del siguiente período conocido como la ilustración, una época caracterizada por la fe en la ciencia, en el método experimental y en el uso de la razón para resolver problemas. El surgimiento de nuevas ideologías tuvo una amplia repercusión social, cultural y científica en los

siguientes años; es por esto que los siglos XVIII y XIX estuvieron marcados por grandes cambios.

En el siglo XVIII se da un amplio desarrollo científico, se presentan una gran cantidad de descubrimientos e innovaciones técnicas que generaron cambios en la economía. La antigua idea de que la tierra es la fuente de toda riqueza y que por lo tanto la agricultura, la pesca, y la minería son las únicas actividades productivas, fue sustituida por nuevas ideas como la de Adam Smith quien afirma que el trabajo, también es una fuente de riqueza. Aparecieron máquinas que ahorraban trabajo y aumentaban la productividad fue así como la mecanización hizo aumentar la capacidad de producción y por tanto el rendimiento, traducido esto, en el aumento en los ingresos; esto motivaba a los inversionistas a tal punto que la inversión de capital se presentó a gran escala; esta situación le dio un mayor impulso a la revolución industrial, época caracterizada por un marcado interés en las máquinas.

El uso de la fuerza motriz para levantar pesos o transportar cargas fue un rasgo definitorio de la revolución industrial, de allí surge un interés por parte de los ingenieros de la época en desarrollar una teoría sobre los efectos mecánicos de las máquinas, medir su potencia o eficacia y evaluar su rendimiento. Todo esto trajo consigo la producción de nuevos conocimientos y la introducción de nuevos conceptos que permitirían explicar muchos fenómenos; el concepto trabajo es uno de ellos, tomado de la economía es transferido al campo de la ingeniería, a partir de una preocupación por el rendimiento, para ser significado de un modo distinto. Sobre el origen de dicho concepto se comenta en las siguientes líneas.

### 6.3.2 Génesis del concepto trabajo

La revolución industrial trajo consigo un desarrollo económico que a su vez generó la necesidad de idear nuevos medios de transporte para las mercancías y construir máquinas con las que se optimizara la energía que se les suministraba, por tal razón era de gran importancia evaluar el rendimiento o la eficacia de las máquinas en relación con los efectos mecánicos y la energía utilizada.

Las maquinas de agua y de vapor eran vistas como mecanismos para transformar la fuerza viva latente del combustible o del agua que cae en la fuerza mecánica que eleva pesos.

En la teoría de las máquinas se hace muy importante economizar al máximo la fuerza viva latente de tal modo que dada una fuente de poder se logre extraer de ella todo el efecto mecánico posible, fue así como los ingenieros se interesaron por medir el rendimiento mecánico de las máquinas y en el método utilizado para obtener esta medida se tenía en cuenta el peso que la máquina podía elevar hasta cierta altura.

La evaluación de las maquinas en función del peso que podía elevar cada una de ellas hasta un nivel dado está implícita en las descripciones de las maquinas hechas por Savery en 1702 y explícita en el análisis de las ruedas de agua hecho por Parent en 1704. Con los más diversos nombres, particularmente el de efecto mecánico, el peso por la altura dio una medida básica del rendimiento mecánico en todos los trabajos de ingeniería de Desagulier, Smeaton y watt. Borda aplicó la misma medida a las máquinas hidráulicas y Coulomb a la fuerza del viento y a la fuerza de los animales”<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Thomas S kuhn, La tención esencial pag 113

La dinámica analizaba todos los fenómenos a partir de las fuerzas pues estas eran vistas como las causas del movimiento, esto implicaba que todos los fenómenos estuvieran reducidos a movimiento. Si hay movimiento hay una relación con la vis viva, o sea con el teorema dinámico conocido como conservación de la vis viva.

La conservación de la vis viva aplicada a la caída restringida y al estudio de los péndulos braquistócronos e isócronos en términos del desplazamiento vertical da pie a afirmaciones como la de Huyghens de que el centro de gravedad de un sistema de masa no puede ascender mas allá de su posición de reposo inicial, pero en 1743 D' Alembert suprime el desplazamiento vertical y afirma que las fuerzas que actúan sobre un sistema de cuerpos conexos aumentarán su vis viva en la cantidad  $\sum m_i u_i^2$  donde  $u_i$  representa las velocidades que las masas  $m_i$  adquirirían si se movieran libremente sobre las mismas trayectorias y por la acción de las mismas fuerzas. Aquí la fuerza por la distancia es usada para calcular las  $u_i$  particulares, no tiene ni un nombre ni un significado general. (Thomas kuhn)

En 1782 en sus tratados de ingeniería, Lazare Carnot introduce varios términos refiriéndose a lo que hoy se conoce como trabajo, pero la adopción formal del término se le acredita a veces a Poncelet. En el periodo comprendido entre 1819 y 1839, la concepción dinámica del concepto trabajo fue abordada en los trabajos de Navier, Coriolis, Poncelet y otros a partir del **análisis de máquinas en movimiento. (Thomas kuhn)**

### **6.3.3 Función del concepto trabajo en la determinación de la ley de conservación de la energía**

El siglo XIX se caracterizó por un marcado interés en las máquinas debido a que éstas intervenían en diversos procesos de conversión. Dado que se requería aprovechar al máximo la energía suministrada, es decir, extraer de

las fuentes de energía la mayor cantidad de trabajo posible, surge la necesidad de cuantificar los procesos de conversión. La relación del concepto trabajo con los procesos de conversión fue utilizada en el análisis de las máquinas en movimiento para evaluar el rendimiento de estas, esa relación también justificó la utilidad de dicho concepto en la formulación cuantitativa de la conservación de la energía.

Joule y Leibig llegaron a la conservación de la energía planteando una añeja interrogante de la ingeniería: ¿"Qué es el rendimiento"? Tal pregunta, en relación con los nuevos procesos de conversión en el motor eléctrico impulsado por baterías. Pero esa cuestión – la de cuanto trabajo se produce con una cantidad dada de combustible- implica la noción de un proceso de conversión.<sup>17</sup>

Ambos comenzaron comparando el rendimiento del motor eléctrico con el de la máquina de vapor, se preguntaron cuanto peso podía elevar cada una de estas máquinas a través de una distancia fijada con un gasto dado de carbón o zinc. Evaluar el rendimiento mecánico de una máquina en función del peso que puede elevar hasta un nivel dado era un método usado desde el siglo XVIII por la tradición ingenieril.

La ingeniería del agua, el viento y el vapor usaba la cantidad  $f\delta$  o la integral de la fuerza con respecto a la distancia como medida cuantitativa básica de la energía del movimiento (efecto mecánico, energía mecánica o trabajo); esta cantidad fue relacionada explícitamente con la vis viva. Por otro lado para cuantificar los procesos de conversión se usaba como modelo el teorema dinámico conocido como conservación de la vis viva ( $mv^2$ ), pero en trabajos de ingeniería sobre teoría de las máquinas, la vis viva fue redefinida como  $\frac{1}{2}mv^2$ ; Coriolis es el primero en proponer esta reformulación de manera

---

<sup>17</sup> Thomas S kuhn, La tención esencial pag 115.

que la vis viva resultara igual numéricamente al trabajo que podía producir. La conservación de la vis viva reformulada de esta manera se constituye en un modelo conceptual para cuantificar los procesos de conversión.

El hecho de que las máquinas fueran vistas como dispositivos de conversión hizo que resultara fácil transferir conceptos del campo de la ingeniería a problemas de la conservación de la energía como ocurrió con el concepto trabajo el cual fue transferido con el fin de calcular el valor del coeficiente de conversión que se requería para la formulación cuantitativa de la ley de conservación de la energía.

En esta investigación se analiza la perspectiva de Coriolis, por considerar que su particular manera de formalizar el concepto trabajo permite plantear una resignificación de este concepto.

#### **6.4 El concepto trabajo desde la perspectiva de Coriolis**

El concepto trabajo fue desarrollado por Coriolis en su obra **Del cálculo del efecto de las máquinas o las consideraciones sobre el empleo de los motores y sobre su evaluación**, en ella propone un método para evaluar el efecto de las máquinas tomando como punto de partida los principales fundamentos de la estática y la dinámica, por medio de los cuales se resuelven cuestiones importantes relativas al equilibrio y movimiento de un punto material. Las siguientes son las leyes sobre las cuales fundamenta de su obra:

1. Ley de inercia:

Para cambiar la velocidad en tiempos iguales de un cuerpo bien sea en magnitud o en dirección se requiere aplicar sobre éste una fuerza

2. Ley de proporcionalidad entre las fuerzas y las variaciones de velocidad:

Una fuerza constante que actúa en la misma dirección del movimiento produce, en tiempos iguales, cambios en la velocidad que son proporcionales a dicha fuerza.

3. Ley de independencia entre el movimiento adquirido y el efecto de las fuerzas:

El efecto que una fuerza produce sobre un cuerpo es independiente del movimiento que el cuerpo trae antes de actuar la fuerza.

4. Ley de proporcionalidad entre las masas y los pesos para un mismo lugar:

Para un mismo lugar de la tierra, la masa de un cuerpo es proporcional a su peso.

De los tratados de mecánica se tiene que una fuerza que actúa sobre un cuerpo moviéndose en línea curva se puede descomponer en dos; una fuerza que va en la dirección tangente a la curva descrita dada por la expresión

$\frac{p}{g} \frac{d^2s}{dt^2}$  y una fuerza que va en la dirección perpendicular a la curva y cuya expresión es  $\frac{p}{g} \frac{v^2}{r}$  donde  $s$  es el arco descrito por el punto móvil,  $v$  es la

velocidad,  $r$  es el radio de curva y  $\frac{p}{g}$  es la masa.

Los anteriores precedentes son el fundamento de la teoría de Coriolis quien parte de la dinámica de un punto material y pasa a la dinámica de un conjunto de puntos materiales unidos entre ellos de una manera cualquiera, es así como el autor concibe las máquinas. “Comenzaremos luego por considerar en primer lugar las máquinas como un conjunto de puntos materiales, donde

los movimientos deben satisfacer ciertas condiciones geométricas que llamaremos conexiones" <sup>18</sup> Bajo este punto de vista racional considera que en las máquinas se combina el empleo de ciertos cuerpos que mantienen sus dimensiones invariables lo que produce las conexiones, entendidas éstas como las relaciones geométricas entre las posiciones de los puntos móviles, las cuales pueden expresarse por ecuaciones donde entran las coordenadas de dichos puntos.

Coriolis estudia las fuerzas que actúan sobre un conjunto de puntos sometidos a ciertas conexiones. Considera que los pesos son las fuerzas responsables del movimiento, las denomina fuerzas bases; sobre las fuerzas debidas a las conexiones, denominadas fuerzas de conexión, asegura que ellas por si solas no producen ningún movimiento, lo que éstas hacen es modificar el movimiento producido por los pesos. Ante la imposibilidad de conocer el valor de todas las fuerzas que actúan sobre los puntos (principalmente esas debidas a las conexiones) es necesario hacer algunas aproximaciones. Se conoce que la combinación de varias fuerzas actuando sobre un punto material produce una fuerza resultante (fuerza total), la cual aplicada ella sola sobre el mismo punto hace que éste describa el mismo movimiento que produce aquella combinación de fuerzas. Es así como lo plantea Coriolis:

"Para las conexiones que consideramos, veremos que al contrario no hay necesidad de conocer las fuerzas que ellas añaden para llegar a la determinación del movimiento; basta con comprender bien todo eso que encierra las condiciones geométricas introducidas por esas conexiones. Suponiendo que se pone en ecuación esas condiciones que unen entre ellas las coordenadas de puntos móviles, esas ecuaciones siempre replazan, en la búsqueda del movimiento, el conocimiento de

---

<sup>18</sup> "Nous commencerons donc par considérer d'abord les machines comme un ensemble de points matériels, dont les mouvements doivent satisfaire à certaines conditions géométriques que nous appellerons liaisons".

M. CORIOLIS, Du Calcul de l'effet des Machines ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur leur évaluation, pour servir d'Introduction à l'étude spéciale des Machines, 1829, pág.7

las fuerzas que las conexiones que ellas expresan unen éstas que son dadas como produciendo el movimiento".<sup>19</sup>

Para el sistema de puntos que se estudia, aplicando las fuerzas totales sin ayuda de ninguna conexión, se producen sobre los puntos asumidos como absolutamente libres los mismos movimientos que resultan de la combinación de las fuerzas bases junto con las fuerzas de conexiones. De este modo si se conservan las conexiones y se aplican las fuerzas totales en lugar de las fuerzas bases, se tendrá siempre el mismo movimiento puesto que las fuerzas de conexión no contribuyen al movimiento (las fuerzas de conexión son fuerzas que siempre se destruyen). Como las fuerzas bases junto con las fuerzas de conexiones producen el mismo movimiento que producen las fuerzas totales con ayuda de las conexiones, Coriolis concluye que las fuerzas bases y las fuerzas totales son equivalentes; con respecto a las fuerzas que se destruyen afirma:

(...) en la búsqueda del movimiento de una máquina, es necesario admitir las mismas relaciones que deben existir entre las fuerzas para que ellas no produzcan movimiento, actuando sobre los puntos en reposo unidos entre ellos por ciertas condiciones geométricas, son también esas quienes deben existir para que estas fuerzas no modifiquen en nada los movimientos que tendrían ya los mismos puntos unidos de la misma manera, si ellos estaban solicitados por otras fuerzas. Por ejemplo, si dos fuerzas se hacen equilibradas en la palanca en reposo, cuando ellas estén en relación de sus distancias al punto fijo, no modificarán en absoluto el movimiento que podría tener esta palanca, previsto que estén siempre en esta misma relación: es

---

<sup>19</sup> "Pour les liaisons que nous considérons, nous verrons qu'au contraire on n'a pas besoin de connaître les forces qu'elles ajoutent pour arriver à la détermination du mouvement; il suffit de bien comprendre tout ce que renferment les conditions géométriques introduites par ces liaisons. En supposant qu'on mette en équation ces conditions qui lient entre elles les coordonnées de points mobiles, ces équations remplacent toujours, dans la recherche du mouvement, la connaissance des forces que les liaisons qu'elles expriment ajoutent à celles qui sont données comme produisant le mouvement".  
M. CORIOLIS, Du Calcul de l'effet des Machines, ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur leur évaluation, pour servir d'Introduction à l'étude spéciale des Machines, 1829, pág.7

en este sentido que nosotros diremos que las fuerzas capaces de producir el equilibrio son las fuerzas que siempre se destruyen.<sup>20</sup>

Por otra parte, en estática se llaman equivalentes, dos sistemas de fuerzas tal que se pasa de uno a otro uniendo las fuerzas en equilibrio. Se sabe que la estática busca las relaciones existentes entre las fuerzas en equilibrio, Coriolis encuentra las relaciones entre las fuerzas bases y las fuerzas totales transformando las condiciones de equilibrio en condiciones de equivalencia; para ello apela a un principio de la estática, el principio de las velocidades virtuales, éste aplicado a las condiciones de equivalencia entre dos sistemas de fuerzas lo conduce a la obtención de la ecuación de las fuerzas vivas la cual es muy útil dentro de la teoría de las máquinas.

Antes de enunciar el principio de las velocidades virtuales se debe hacer claridad a lo que se entiende por velocidad virtual. Se consideran dos puntos móviles unidos entre ellos por ciertas conexiones; las fuerzas de conexiones entre los dos puntos son las fuerzas que se anulan haya o no movimiento, por lo tanto las relaciones entre estas fuerzas son puramente geométricas o sea que no dependen del movimiento de los puntos, es así como las conexiones pueden ser expresadas por ecuaciones donde el tiempo no interviene. De este modo las velocidades virtuales sólo dependen de las relaciones de posición de los puntos, esto permite asumir las velocidades

---

<sup>20</sup> "c'est-a-dire a k relierche du monvement d'une machine, il faut admettre que les mêmes rek-tions qui doivent exister entre des forces pour qu'elles ne prodnissent point de mouvement, en agissant sur des points en repos lies entre eux par certaines conditions géométriques, sont aussi celles qni doivent exister pour que ees forces ne modifient en rien les mouvemens qu'au-raient deja les mêmes points lies de la même maniere^ a'ils etaient sollicites pard'autresf orces. Parexemple, si deux forcease font equilibre dans le levier en repos, lorsqu'elles sont dans le rapport de leurs distances au point fixe, elles ne modifieront nullement le mouvement que pourrait avoir ce levier, pourvu qu'elles soient toujours dans ce meme rapport: c'est dans ce sens que nona dirons que des forces capables de produire ('equilibre sont des forcee qui se détruisent toujours."

M. CORIOUS, Du Calcul de leffet des Machines, ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur leur évaluation, pour servir d'Introduction a létude spéciale des Machines, 1829, pág5,6.

virtuales como los arcos infinitamente pequeños que describiría un punto en un instante determinado. Esto se puede interpretar de lo planteado por Coriolis:

"Las velocidades virtuales son entonces los espacios infinitamente pequeños que describieron al mismo tiempo los diferentes puntos, si se les hacía abandonar su posición sin cambiar nada al estado de conexión, tal que estaba a un instante determinado; es decir suponiendo que en contradicción con las condiciones del problema, el movimiento obligatorio sería detenido a partir de ese instante y que, por así decirlo, se tenga suspendido el tiempo en las ecuaciones que expresaban estos movimientos"<sup>21</sup>

Coriolis considera un punto sobre el cual actúa una fuerza; concibe para éste una velocidad virtual, descompone la fuerza en dos: una que actúa siguiendo la misma dirección de la velocidad y otra que va en dirección perpendicular a ella y define **trabajo virtual elemental** como el producto entre la velocidad virtual y el componente de la fuerza en la dirección de dicha velocidad. Es ahora cuando se sirve del principio de las velocidades virtuales para poner en ecuación la equivalencia entre las fuerzas bases y las fuerzas totales, puesto que dicho principio se aplica tanto a las condiciones de equilibrio como a las condiciones de equivalencia. Coriolis enuncia el principio de las velocidades virtuales en los siguientes términos:

“cuando las fuerzas aplicadas a diferentes puntos materiales unidos entre ellos de una manera cualquiera, se destruyen mutuamente, o en otros términos, están en equilibrio; si de todas esas fuerzas se hace la suma de los productos que venimos de

---

<sup>21</sup> “les vitesses virtuelles sont alors les espaces infiniment petits que décriraient en même temps les différents points, si on leur faisait quitter leur position sans rien changer à l'état de liaison, le quel il était à un instant déterminé; c'est-à-dire en supposant qu'en contradiction avec les conditions du problème, le mouvement obligatoire serait arrêté à partir de cet instant, et que, pour ainsi dire, on ait suspendu le temps dans les équations qui exprimaient ces mouvements”.

M. CORIOLIS, Du Calcul de l'effet des Machines, ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur leur évaluation, pour servir d'Introduction à l'étude spéciale des Machines, 1829, pág11.

nombrar trabajos virtuales elementales, tomando negativamente estos de esos productos por los cuales el componente se comporta en sentido contrario de la velocidad virtual, esta suma será siempre nula, cuales sean las velocidades virtuales que se hayan escogido. Recíprocamente, si la suma de trabajos virtuales elementales es nula para toda clase de velocidades virtuales diferentes, esas fuerzas se destruirán mutuamente".<sup>22</sup>

El principio de las velocidades virtuales aplicado a la equivalencia plantea que para que dos sistemas de fuerzas sean equivalentes, se necesita que los trabajos virtuales correspondientes a un sistema de fuerzas sean iguales a los trabajos virtuales correspondientes al otro sistema de fuerzas. Aplicando este principio a la equivalencia entre las fuerzas bases y las fuerzas totales y redefiniendo la vis viva como  $\frac{pv^2}{2g}$ , Coriolis obtiene la ecuación de las fuerzas vivas. En la aplicación del principio se toman como velocidades virtuales aquellos caminos infinitamente pequeños realmente descritos por los puntos.

Para continuar con este proceso de formalización del concepto trabajo propuesto por Coriolis se introduce la notación establecida por el autor:  $e$  designa el arco descrito por un punto móvil libre sometido a una fuerza total,  $\frac{P}{g} \frac{d^2e}{dt^2}$  es el componente de la fuerza total en la dirección tangente a la curva descrita donde  $p$  es el peso del móvil y  $g$  es la gravedad,  $de$  es el pequeño

---

<sup>22</sup> Lorsque des forcea appliquées a difierens points matériels lies entre eux d'uiemaniere quelconque, se délnrtéfent matnellendent, on, en d'autres termes, sont en equilibre; si l'ón &it pour toutes ees' forces la sonóme des produits que nous venóos de nommer travaox virtuels élémenteires, en prenant négativement ceux de .ees prpduits pour knqaels la composante agit en sens contraire de la yitesse vir-tuefle» cette somrae sera toujours nulle, quelles que soient les vitesses. virtuelles qu'on ait cboisies. Réciproquement, si la somme des travanx virtueb élémeñtaires est "nulle pour toute espèce de yi tesses yiruelles **diferentes, ees forces se délruirtfnt** mutuellement.

M. CORIOUS, Du Calcul de leffet des Machines, ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur leur évaluation, pour servir d'Introduction a létude spéciale des Machines, 1829, pág. 11,12.

arco descrito durante el movimiento el cual se toma por velocidad virtual,  $s$  designa los arcos de curva descritos por los puntos a los que se aplican las fuerzas bases,  $P$  es la componente de las fuerzas bases en el sentido de la tangente a la curva y  $ds$  es el pequeño arco descrito por los puntos a los que se aplica  $P$ ,  $P'$  es la componente de las fuerzas bases que caen en sentido contrario del arco descrito,  $ds'$  es el pequeño arco descrito por los puntos a los que se aplica  $P'$

Con la notación anterior y aplicando el principio de las velocidades virtuales a la equivalencia entre las fuerzas bases y las fuerzas totales, Coriolis

obtiene la siguiente ecuación:  $\sum l_s - \sum l_{s'} = \sum_s \frac{d^2 e}{dt^2} de$ , posteriormente

hace la siguiente deducción; considerando que  $v = \frac{de}{dt}$ , entonces

$\frac{d}{dt} \left( \frac{de}{dt} \right) de = \frac{dv}{dt} de$  y reorganizando  $\frac{de}{dt} dv = v dv$ , luego la ecuación llega a ser

$\sum l_s - \sum l_{s'} = \sum_s v dv$ . Como esta ecuación toma lugar durante todo el

movimiento y encierra los elementos diferenciales correspondientes al mismo incremento  $dt$  del tiempo, Coriolis toma la integral de sus elementos entre dos instantes cualquiera asignándole al punto una velocidad inicial  $v_0$  para el primer instante y para el último instante una velocidad  $v$ , al integrar obtiene:

$$\sum \int v ds - \sum \int v' ds' = \sum \int_w^v v dv \text{ luego } \sum \int P ds - \sum \int P' ds' = \sum \frac{pv^2}{2g} - \sum p \frac{v_0^2}{2g}.$$

En el miembro derecho de la ecuación obtenida se encuentra la

expresión  $\frac{pv^2}{2g}$  la cual es una fracción de la expresión  $\frac{pv^2}{g}$  conocida bajo el

nombre de vis viva, es así como Coriolis propone redefinir la vis viva como

cantidades de la forma  $\frac{pv^2}{2g}$  con el fin de no introducir nuevos términos y

considerando que se trata de magnitudes de la misma clase.

“En cuanto a la denominación de **fuerza viva**, dada hasta el presente a las cantidades de la forma  $\frac{P}{g}v^2$ , es decir al producto

de la masa por el cuadrado de la velocidad la conservaremos para no multiplicar los nuevos términos; solamente aplicaremos esta denominación a la mitad de este producto, de manera que la fuerza viva será el producto de la masa por la mitad del cuadrado de la velocidad. Esta ligera modificación con el uso antiguo introducirá más simplicidad en los enunciados de los principios que vamos a dar”<sup>23</sup>

Coriolis llama fuerzas movibles a las componentes P de las fuerzas bases y al trabajo debido a estas fuerzas lo designa trabajo motriz, llama fuerzas resistentes a las componentes P' de las fuerzas bases y al trabajo debido a ellas lo designa trabajo resistente; con esas denominaciones enuncia la ecuación obtenida de la siguiente manera:

En todo sistema de cuerpos en movimiento, la diferencia entre la suma de las cantidades de trabajo debidas a las fuerzas movibles, y la suma de las cantidades de trabajo debidas a las fuerzas resistentes, durante un cierto tiempo, es igual a la

---

<sup>23</sup> Qu'áut a la dénomination *de forcé vive*, donnée jusqu'a présent aux quantités de la forme

$\frac{P}{g}v^2$  c'est-á-dire au produit déla masse par Je carré de la vitesse, nous la

conserverpns pour ne pas multiplier les nouveaux termes; seulement, nous appliquerons cette déno-mination a la moitié de ce produit, en sorte que la *forcé vive* sera le produit de la masse par la moitié du carré de la vitesse. Cette légère modification & l'usage anden introduira plus de simplicité dans les énoncés des principes que nousavons a donner.

M. CORIOUS, Du Calcul de leffet des Machines, ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur leur évaluation, pour servir d'Introduction a létude spéciale des Machines, 1829, pág. 17.

variación de la suma de las fuerzas vivas de todas las masas del sistema durante el mismo tiempo.<sup>24</sup>

La ecuación obtenida la aplica entre un primer y un último instante. El autor considera un instante donde las velocidades iniciales son cero y obtiene

$$\sum \int P ds - \sum \int P' ds' = \sum \frac{pv^2}{2g},$$

reflexiona sobre el resultado obtenido dado que el miembro de la derecha siempre es positivo, el trabajo motriz debe ser mayor que el trabajo resistente, de lo contrario no habría desplazamiento. Con lo anterior se va formando una noción del concepto trabajo, Coriolis lo expresa en la siguiente frase:

Se le atribuye en efecto a la palabra trabajo, en este sentido, la idea de una fuerza ejercida y de un camino recorrido simultáneamente: ya que no podemos decir que hay un trabajo producido cuando hay solamente una fuerza aplicada a un punto inmóvil, como en una máquina en equilibrio; tampoco se aplicaría la expresión de trabajo a un desplazamiento operado sin ninguna resistencia vencida.<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Dans tout système de corps en mouvement, la différence entre la somme des quantités de travail dues aux forces mouvantes, et la somme des quantités de travail dues aux forces résistantes, pendant un certain temps  $t$  est égale à la variation de la somme des forces vives de toutes les masses du système pendant le même temps.

M. CORIOLIS, Du Calcul de l'effet des Machines, ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur leur évaluation, pour servir d'Introduction à l'étude spéciale des Machines, 1829, pág. 18.

<sup>25</sup> On attache en effet au mot *travail* dans ce sens, l'idée d'un effort exercé et d'un chemin parcouru simultanément: car on ne dirait pas qu'il y a un travail produit, lorsqu'il y a seulement une force appliquée à un point immobile, comme dans une machine en équilibre; on n'appliquerait pas non plus l'expression de travail à un déplacement opéré sans aucune résistance vaincue.

M. CORIOLIS, Du Calcul de l'effet des Machines, ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur leur évaluation, pour servir d'Introduction à l'étude spéciale des Machines, 1829, pág. 17.

Para la formalización del concepto trabajo es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones relacionadas con el funcionamiento de las máquinas; vistas éstas como dispositivos que tienen la facultad de transformar las fuerzas que se les aplica y transmitir las a otros cuerpos. El principio de conservación de la fuerza se aplica a las máquinas y a partir de él se puede considerar otro principio, el principio de conservación del trabajo que Coriolis hace evidente en el siguiente texto:

(...) eso que hemos llamado trabajo es una cantidad que no se le puede aumentar por el empleo de las máquinas: esas son destinadas a aumentar o a disminuir, sea la fuerza, sea el camino descrito; al repartirlas en varias porciones, al modificar sus posiciones y sus direcciones; en una palabra, al cambiar todo eso que constituye una fuerza y un camino, pero sin poder jamás aumentar el trabajo. La porción de esta cantidad que las máquinas pueden reproducir es tanto menos diferente de esa que ellas recibieron, cuanto que las fricciones son menos considerables. Si se supone que se pudo construir las máquinas sin fricción, se podría decir entonces que el trabajo es una cantidad que no se pierde.<sup>26</sup>

Coriolis compara la transmisión del trabajo con un fluido que se puede acumular o que puede pasar de un cuerpo a otro lo cual está explícito en las siguientes líneas " Para representarse con facilidad la transmisión del trabajo en el movimiento de las máquinas, se le puede comparar a esa de un fluido

---

<sup>26</sup> Il résulte de ce que nous avons dit jusqu'à présent, que ce que nous avons appelé *travail* est une quantité que Ton ne peut augmenter par l'emploi .des machines: celles-ci sont destinées à augmenter ou à diminuer, soit la force, soit le chemin décrit; à les partager en plusieurs portions, à modifier leurs positions et leurs directions; en un mot, à changer tout ce qui constitue une force et un chemin, mais sans pouvoir jamais augmenter le travail. La portion de cette quantité que les machines peuvent reproduire est d'autant moins différente de celle qu'elles ont reçue, que les frottements sont moins considérables. Si Ton supposait qu'on pût construire des machines sans frottement, on pourrait dire alors que le travail est une quantité qui ne se perd pas.

M. CORIOLIS, Du Calcul de l'effet des Machines, ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur leur évaluation, pour servir d'Introduction à l'étude spéciale des Machines, 1829, pág.26, 27.

que se esparce en los cuerpos comunicándose el uno al otro por los puntos en contacto como lugares de paso (...)"<sup>27</sup>

Un fluido puede acumularse y mantenerse como reserva, también puede pasar de un lugar a otro, algo similar ocurre con la vis viva, la comparación que el autor hace entre el movimiento de un fluido y la transmisión de trabajo se relaciona con la transmisión de la vis viva, puesto que para Coriolis trabajo y vis viva son equivalentes, esto se puede interpretar en las siguientes líneas:

"Este fluido podría además de acumularse en ciertos cuerpos y permanecer en reserva hasta que ese tenga nuevos contactos o los contactos con derrames más considerables haciendo salir una cantidad más grande. Este trabajo en reserva, que comparamos aquí a un fluido, es ese que nosotros vamos a llamar *fuera viva*; el depende, como se sabe, de las velocidades que poseen los cuerpos."<sup>28</sup>

Esa equivalencia establecida por Coriolis debe ser entendida como una equivalencia en términos cuantitativos más no conceptuales, puesto que esta equivalencia es producto de un proceso de matematización en el cual la expresión obtenida por el autor muestra la posibilidad de cuantificar el trabajo en términos de la cuantificación de la vis viva. Existe entonces una equivalencia

---

<sup>27</sup> Pour se représenter avec facilité la transmission du travail dans le mouvement des machines, on peut la comparer a celle d'un fluide qui se répandrait dans les corps en se «ommuniquant de l'un a l'autre par les points de contact córame lienx de passage(...)  
M. CORIOUS, Du Calcul de leffet des Machines, ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur leur évaluation, pour servir d'Introduction a létude spéciale des Machines, 1829, pág. 17.

<sup>28</sup> Ce fluide pourrait en outre s'accumuler dans certains corps et y rester en reserve jusqu'à ce que de nouveaux contacts ou des contacte avec écoulement plus considerable en fissent sortir mie plus grande quantité. Ce travail en reserve, que nous assi-mUons ici a un flaide, est ce que nous avons appelé *la forcé vive* , -«He dépend, córame on sait, des vitesses que possédent les .corps.  
M. CORIOUS, Du Calcul de leffet des Machines, ou Considérations sur l'emploi des Moteurs et sur leur évaluation, pour servir d'Introduction a létude spéciale des Machines, 1829, pág. 27.

entre los valores numéricos de estas dos magnitudes que conceptualmente son distintas.

Al aplicar la ecuación obtenida por Coriolis y despreciando las fricciones, la vis viva da la medida del trabajo que puede transmitir un peso  $p$  con una velocidad  $v$  adquirida. El autor muestra además que la caída libre se relaciona con la vis viva porque la cantidad  $\frac{v^2}{2g}$  es la altura desde donde debe caer un cuerpo en el vacío para adquirir una velocidad  $v$ , luego la expresión  $\frac{pv^2}{2g}$  llega a ser  $ph$  por lo tanto la cantidad de trabajo que puede transmitir un peso  $p$  con una velocidad  $v$  es igual al peso multiplicado por la altura de caída.

De acuerdo con los planteamientos de Coriolis y entendiendo la vis viva como un tipo de energía, como esa cantidad que puede transferirse de un cuerpo a otro (o de un sistema a otro), podría definirse el concepto trabajo como un proceso mediante el cual se realiza una transferencia de energía a partir de la aplicación de una fuerza logrando un desplazamiento en la dirección de dicha fuerza; para que ese desplazamiento se dé es necesario vencer las resistencias que se oponen al movimiento. La cantidad de energía transferida mediante este proceso se puede cuantificar multiplicando la componente de la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo en la dirección del movimiento por el desplazamiento que realiza dicho cuerpo. Lo anterior matemáticamente se expresa:  $W = PS$ , donde  $P$  es la componente de la fuerza paralela al desplazamiento y  $S$  es el desplazamiento del cuerpo  $W = PS$

## 7. SISTEMATIZACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

### 7.1. CUESTIONARIO DE INDAGACIÓN AL CONCEPTO TRABAJO

#### Objetivo

Identificar las ideas previas de los casos frente al concepto trabajo.

1. Plantear situaciones donde se ejemplifique cada uno de los siguientes conceptos: fuerza, energía y trabajo.
2. Crees que hay alguna diferencia entre la palabra trabajo utilizada en el lenguaje cotidiano y la palabra trabajo que utilizan los científicos. Explica
3. ¿Como definirías trabajo en física?
4. De las siguientes opciones cuál crees que se adecua mejor a una definición del concepto trabajo en el ámbito de la física.  
Trabajo es:
  - a) Una forma de energía.
  - b) Toda actividad productiva.
  - c) Un modo de transferir energía.
  - d) Movimiento.
  - e) Fuerza.
5. Desde los inicios de la humanidad el hombre en el afán de su supervivencia se ha enfrentado a diversas actividades, que de alguna forma le ha facilitado su relación con el entorno que le rodea y con el hombre mismo.  
Analiza las siguientes situaciones y determina: ¿En cuáles se realiza trabajo? Responde para cada una de ellas y justifica la respuesta.
  - a) Un señor sube cuatro pisos de una escalera con una caja en los brazos.
  - b) El mismo señor, una vez que llega al cuarto piso entra en el departamento con la caja en los brazos.
  - c) Una patinadora después de adquirir movimiento, se deja deslizar sobre sus patines.
  - d) Dos niñas jugando en un balancín.
  - e) Una mujer que saca agua de un pozo.
  - f) El uso de un motor en el movimiento de un vehículo.

## Matriz de respuestas a instrumento de indagación

Preguntas Casos	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
C <sub>1</sub>	<p>”La fuerza la utilizamos prácticamente todo el tiempo cuando levantamos algo, arrojamos algún objeto, etc. <b>La fuerza</b> pienso yo es una carga de energía por ejemplo si tu no tienes la suficiente <b>energía</b> de resistir una temperatura te vas debilitando y te vas quedando sin fuerzas, <b>trabajo</b> a menor peso menor trabajo, a mayor peso mayor trabajo”.</p>	<p>“No hay diferencias porque para mi trabajo es una acción. Que se ejerce y en estas dos situaciones se ejerce acciones = trabajo”.</p>	<p>“Acciones que se ejercen por medio de investigaciones”</p>	<p>“Movimiento”</p>	<p>a. “El trabajo se realiza en las manos por el peso de la caja también puede haber trabajo mientras sube la caja escala por escala”.                      b. “El trabajo lo sigue teniendo sus brazos y el trabajo esta mientras entra o abre la puerta con la caja en las manos”.                      c. “El trabajo se ejerce sobre sus ruedas también podría estar el trabajo cuando adquiere el impulso”.                      d. “El trabajo se ejerce en la fuerza del impulso”.                      e. “El trabajo esta cuando introduce y saca el recipiente del pozo”.                      f. “El trabajo se ejerce en los engranes del motor que es el que lo hace mover”.</p>
<p><b>ASERTOS:</b> No establece diferencias entre los conceptos trabajo fuerza y energía.                      La concepción que tiene de trabajo se ubica en tres categorías a saber Movimiento, acción (actividad) y esfuerzo.</p>					

C <sub>2</sub>	<p>”Fuerza: cuando al empujar un objeto, al tomar con presión y empujar, al moverse ya se esta empleando fuerza”.</p> <p>”Energía: se plantea el mismo ejemplo del objeto ya que al empujar del modo como se hace la fricción depende de la energía que se le haga”.</p> <p>”Trabajo: pues creo que se emplean las dos anteriores fuerza y energía es algo que cuesta trabajo hacerlo”.</p>	<p>“Pues en el lenguaje cotidiano trabajo significa el esfuerzo que se hace para lograr lo que se quiere y en el que se utiliza en los científicos se plantea mas hacia lo que se tiene que ver con el trabajo que emplea el hombre, los objetos, las cosas la manera en como se forma su fuerza, energía estabilidad”</p>	<p>“Yo la definiría como el estudio de un objeto o cosa. La medición de cuerpos explicar que movimientos emplean para ello y trabajarlos hasta lograr su objetivo de ser estudiados”.</p>	<p>“Movimiento”</p>	<p>a. “El señor esta realizando trabajo pero un trabajo que tiene que ver con lo cotidiano igualmente emplea movimiento fuerza y energía”.</p> <p>b. “Pues se puede repetir lo mismo de lo anterior pero ya no va ser ni la misma fuerza ni el mismo movimiento y energía que se empleo al subir”.</p> <p>c. “Pues la patinadora al adquirir movimiento esta haciendo una especie de fricción pero no va a actuar mucho la fuerza ya que se desliza”.</p> <p>d. “Pues hacen un trabajo entre cotidiano y científico ya que adquieren movimiento y energía”.</p> <p>e. “esta haciendo un trabajo mas que todo de fuerza ya que al sacar el agua se esfuerza”.</p> <p>f. “aquí creo que actúa mas el trabajo científico ya que la fuerza del motor le emplea movimiento al vehículo”.</p>
<p><b>ASERTOS:</b> Considera que existe algún tipo de relación entre los conceptos trabajo, fuerza y energía, pero no establece la diferencia entre ellos.  <b>Concibe el concepto trabajo como <u>actividad</u>, <u>esfuerzo</u> o <u>movimiento</u>.</b></p>					

C <sub>3</sub>	"Al levantar una silla en la cual nos toque ejercer fuerza, si es muy pesada debemos tener buena energía y al levantarla nos costaría un poco de trabajo".	"No mucho, esto trabajo debe ser el movimiento ejercido con fuerza del cuerpo y en un trabajo cotidiano esto mismo se aplica".	"Para mi el trabajo en física son fuerzas o esfuerzos que el cuerpo ejerce sobre algo de pronto sobre un instrumento que es muy pesado".	"Fuerza".	<p>a. "En esta situación vemos que hay trabajo ya que el señor lleva una gran presión al subir la caja por las escaleras y eso puede costar mucho trabajo".</p> <p>b. "Éste sigue ejerciendo trabajo ya que el señor debe tener mucha resistencia para aguantar este peso de la caja y lo duro que era subir esas escaleras".</p> <p>c. "La patinadora para adquirir un movimiento debe tener fuerza, estabilidad y balance y para lograr esto debió trabajar".</p> <p>d. "Para balancear el balancín necesitamos mover nuestro cuerpo y estos movimientos deben ser ejercidos con fuerzas así que aquí necesitamos trabajar".</p> <p>e. "Para uno sacar agua de un pozo necesitamos tener fuerza mas que todo en las manos y al sacar el agua estaríamos ejerciendo fuerza lo que seria un trabajo".</p> <p>f. "Los motores también tienen fuerza ya que son capaces de trasladar muchos objetos y creo que estos también realizan trabajo".</p>
----------------	--	--	--	-----------	---

**ASERTOS:** Relaciona los conceptos trabajo, fuerza y energía con movimiento pero no establece sus diferencias.

**Define el trabajo como: movimiento, fuerza o esfuerzo.**

C <sub>4</sub>	<p>"Donde Fuerza: hacer un ejercicio físico como el gimnasio o trotar, correr etc."</p> <p>"Energía: tener ganas en los ejercicios cotidianos que hacemos o trabajos".</p> <p>"Trabajo: cuando nos cuesta dificultad hacer una labor".</p>	"No porque el trabajo es una fuerza aplicada a alguna situación ya sea un hobby o una actividad de movimiento".	"Como un movimiento de fuerza y energía que se le da a un cuerpo".	"Un modo de transferir energía"	<p>a. "Esta situación si porque tuvo una capacidad de resistencia para subir cuatro pisos".</p> <p>b. "No porque ya el había cumplido con su trabajo de hacer una fuerza "</p> <p>c. "No porque ya adquirió la fuerza y trabajo que es el movimiento".</p> <p>d. "Si porque tienen capacidad de subir y bajar una a la otra".</p> <p>e. "Si porque esta haciendo fuerza, movimiento que le cuesta trabajo".</p> <p>f. "Si porque es el que da ayuda a impulsar el vehículo".</p>
<p><b>ASERTOS:</b> Establece diferencias entre los conceptos energía, trabajo, fuerza y los relaciona a partir del movimiento.  <b>Concibe el concepto trabajo como: esfuerzo, fuerza, movimiento o modo de transferir energía.</b></p>					

C <sub>5</sub>	<p>"Fuerza donde un niño levanta una silla pesada el niño hace sus fuerzas en las manos"</p> <p>"Energía cuando uno conecta un aparato eléctrico a un enchufe, ahí se hace una conexión y sale energía"</p> <p>"Trabajo cuando uno trabaja como haciendo educación física que uno esta trabajando todo el cuerpo"</p>	"Si porque trabajo cotidiano es lo que uno trabaja a diario y trabajo científico es lo que los científicos hacen cada día de explorar cosas nuevas"	"Yo lo definiría como uno tener que trabajar investigando a diario para obtener conceptos nuevos de lo que es la física y sus cosas".	"Movimiento"	<p>a. "En el caso del señor el realiza trabajo subiendo los cuatro pisos por las escaleras"</p> <p>b. "En este caso el trabajo es en los brazos ya que ahí esta haciendo la fuerza en los brazos cargando la caja"</p> <p>c. "En este caso el trabajo es la de los patines que es el que se esta deslizando por el piso"</p> <p>d. "El trabajo es que las niñas muevan e balancín para poder jugar"</p> <p>e. "En este caso el trabajo es cuando la mujer empieza a hacerla fuerza para sacar el agua del pozo"</p> <p>f. "El trabajo es que el motor tiene que dar fuerza para poder movilizar el vehículo"</p>
<p><b>ASERTOS:</b> Establece algún tipo de relación entre fuerza y trabajo pero no se vislumbra ninguna relación entre trabajo y energía.  <b>El concepto que tiene de trabajo se ubica en varias categorías.</b></p>					

## 7.2 ENTREVISTA INDIVIDUAL

### OBJETIVO

Afirmar las ideas previas de los casos frente al concepto trabajo, a fin de identificar las categorías apriorísticas y emergentes en cada caso.

### Matrices de respuestas de cada caso a la entrevista

ENTREVISTA C <sub>1</sub>	
¿Que crees que es energía?	“La energía para mi son impulsos de fuerza también se puede hallar por movimiento.
¿Qué quieres decir con impulsos de fuerza?	“ <b>Es como</b> un movimiento”.
¿Cómo definirías la fuerza?	“La fuerza es causada por la energía”
¿Como así?	“Porque usted sin energía no puede hacer fuerza por ejemplo una máquina sin energía no tiene fuerza”.
¿Cómo definirías el concepto trabajo en física?	“El trabajo se realiza mediante la energía y la fuerza”.
¿Entonces para realizar un trabajo se necesita energía y fuerza?	“Si”
¿Consideras que hay diferencias entre estos tres conceptos (energía, fuerza y trabajo), cuales serian estas diferencias?	“No les encuentro ningún tipo de diferencia, todas van de la mano pues todas hacen el mismo trabajo, pues una se acompaña a la otra y así”
Cuando se te pidió definir trabajo en física dijiste que son acciones que se ejercen por medio de investigaciones, podrías ampliarnos esta idea.	“Yo ya la quiero cambiar como el trabajo se hace mediante movimiento y fuerza mejor me inclino por esas dos”.
¿Cómo quedaría la nueva definición?	El trabajo se realiza mediante movimiento y fuerza.
En la encuesta anterior te presentamos varias opciones para que eligieras la palabra que según tu se adecuaba mejor al concepto de trabajo en física. Las opciones fueron: forma de energía, actividad productiva, modo de transferir energía, movimiento y fuerza. Tu elección fue <u>movimiento</u> , si aún piensas de la misma manera define trabajo utilizando esta palabra.	“Cuando se va hacer un trabajo necesitamos tener por ejemplo fuerza para hacer algún movimiento”.
Para ti acción y movimiento son lo mismo o hay alguna diferencia entre ellos.	“Para mi son lo mismo ya que cuando se hace un movimiento esta produciendo una acción”.
¿Para ti que es una acción?	“Una acción es producida por un movimiento”.
<b>ASERTOS:</b> Asume el trabajo como movimiento y fuerza. Concibe que hay una relación entre trabajo fuerza y energía.	

<b>ENTREVISTA C<sub>2</sub></b>	
1. ¿Que crees que es energía?	“Para mi la energía es todo aquello que tiene como una especie de movimiento ya que para que algo tenga movimiento tiene que tener alguna especie pues como de, pues es una especie de movimiento ya porque una energía se emplea como para movimiento y ese movimiento puede ser dado por simplemente por electrones o cosas así”.
2. ¿Cómo definirías la fuerza?	“La fuerza es lo que se emplea, algo como por ejemplo alzar un objeto que se emplean diferentes clases de fuerzas por ejemplo no es lo mismo alzar un objeto pesado que alzar uno liviano pero de todas formas se emplea una fuerza”.
¿Cómo definirías el concepto trabajo en física?	“Para mi trabajo en física es lo que un cuerpo o cosa expresa mediante que va haciendo algo o como expresando algo de su cohesión, por medio de movimientos. Por ejemplo un cuerpo que va haciendo algo o expresando algo por medio de una función, una función se da por un movimiento y al hacer ese movimiento se esta haciendo un trabajo”.
¿Consideras que hay diferencias entre estos tres conceptos (energía, fuerza y trabajo), cuales serian estas diferencias?	“Si se puede considerar que hay unas diferencias pero son muy pocas porque tienen funciones diferentes y de por si tiene más que todo mas relación”.
¿En que forma se relacionarían?	“En que para la energía se debe tener una especie de movimiento ese movimiento de cualquier modo se emplea por una fuerza y para emplear una fuerza se debe hacer un trabajo constante del cuerpo. Por ejemplo si yo voy hacer una fuerza en si trabaja algo entonces se emplea el trabajo en la fuerza para que halla un constante movimiento entre fuerza y trabajo”
En la encuesta anterior te presentamos varias opciones para que eligieras la palabra que según tu se adecuaba mejor al concepto de trabajo en física. Las opciones fueron: forma de energía, actividad productiva, modo de transferir energía, movimiento y fuerza. Tu elección fue <u>movimiento</u> , si aún piensas de la misma manera define trabajo utilizando esta palabra.	“Pues yo creo que si la define porque para mi el trabajo es como un movimiento, pues es como si voy hacer alguna clase de trabajo al hacer ese trabajo se emplea movimiento. O si algún cuerpo alguna cosa, esta haciendo trabajo también emplea al mismo tiempo movimiento”.
Cundo se te pregunto por la diferencia entre el concepto trabajo en el ámbito cotidiano y en el ámbito científico, definiste trabajo en el ámbito científico como una <u>actividad</u> , ¿como concillas esta idea con la anterior?	“Yo la concilio en que al hacer un trabajo científico se hace una actividad”.
¿Para ti que seria esa actividad?	“Esa actividad seria como constantes definiciones como por ejemplo al hacer un experimento científico se hace, se expresa algo entonces todo eso son como formas de actividad”:
¿Entonces seria una actividad mental?	“Pues si también como por decir por ejemplo en química aquí hay un líquido y aquí hay otro entonces al juntarlos se forma algo ahí esta haciendo una actividad porque se pasa de una cosa a otra se puede formar algo una actividad”.
Decías que para hacer un trabajo se necesita movimiento o es al contrario	“Para hacer un trabajo se necesita movimiento, a no, es para hacer movimiento se necesita un trabajo porque si yo al moverme tengo que utilizar una clase de trabajo, hacer un movimiento de algo el trabajo también es eso yo voy ha hacer un movimiento se emplea un trabajo ese trabajo va basado en movimientos”.
<b>ASERTOS:</b> Asume el trabajo como movimiento. Expresa la energía en términos de movimiento y asume una relación entre los conceptos trabajo, fuerza y energía.	

<b>ENTREVISTA C<sub>3</sub></b>	
¿Que crees que es energía?	“La energía es algo que se produce mediante movimientos al ejercer movimiento estamos produciendo energía”.
¿O sea que la energía se produce?	“La energía es algo que se produce mediante movimiento o choques eléctricos”.
¿Cómo definirías la fuerza?	“La fuerza es una acción que se produce mediante energía, o sea algún movimiento con bastante energía o así sería una fuerza”.
¿Cómo definirías el concepto trabajo en física?	“El trabajo es una acción que se produce mediante la fuerza, ejerciendo fuerza”.
¿Cómo así?	“Por ejemplo al mover una mesa nosotros estamos produciendo una fuerza y eso sería ya un trabajo”.
¿Consideras que hay diferencias entre los conceptos (energía, fuerza y trabajo), cuales serían estas diferencias?	“Yo solo veo como una diferencia que es que por ejemplo la fuerza es mas avanzada que energía que la fuerza ya sería como bastante energía acumulada y el trabajo ya también como una acumulación de fuerza”.
¿Que diferencia hay entre la energía y el trabajo?	“No mucha porque uno mediante la energía es que produce trabajo, entonces. No hay diferencia”.
¿Que relaciones crees que hay entre estos tres conceptos (energía, fuerza y trabajo)?	“Si están relacionados porque uno con energía es que produce la fuerza y así con fuerza se produce trabajo, entonces están como ligados los tres”.
¿Para ti que sería el esfuerzo?, encuentras diferencias entre fuerza y esfuerzo, ¿cuales?	“El esfuerzo es como un exceso de fuerza”.
¿Qué diferencia encontrarías entre la fuerza y el esfuerzo?	“La fuerza ya uno puede controlar la fuerza y el esfuerzo sería mas allá de la fuerza o sea algo incontrolable pues va mas allá del límite de la fuerza”.
En la encuesta anterior te presentamos varias opciones para que eligieras la palabra que según tu se adecuaba mejor al concepto de trabajo en física. Las opciones fueron: forma de energía, actividad productiva, modo de transferir energía, movimiento y fuerza. Tu elección fue <u>fuerza</u> , si aún piensas de la misma manera define trabajo utilizando esta palabra.	“Si”
También en la encuesta anterior dijiste que el trabajo debía ser el movimiento ejercido con fuerza, acláranos entonces, si para ti el trabajo es movimiento o es fuerza.	“Para mi es porque el movimiento y la fuerza van ligados, porque usted para producir fuerza necesita moverse y para moverse necesita una fuerza, por ejemplo para mover usted un pie necesita fuerza porque la gravedad y uno ya con fuerza puede mover el pie y para uno hacer fuerza necesita moverse porque uno quieto como va ha hacer fuerza”.
¿Entonces el trabajo sería movimiento o fuerza o ambos?	“Ambos”.
<b>ASERTOS:</b> establece una relación entre energía y movimiento. Concibe el trabajo como fuerza y movimiento.	

<b>ENTREVISTA C<sub>4</sub></b>	
¿Que crees que es energía?	“Es un medio que nos sirve para estabilizar y dar una fuerza al cuerpo”.
¿Cómo definirías la fuerza?	“Creo que la fuerza es un movimiento o algo aplicado que se le da a un objeto para desplazarlo”.
¿Cómo definirías el concepto trabajo en física?	“Lo definiría como una fuerza o energía aplicada en un cuerpo que cuesta ponerlo en movimiento”.
¿Cuando aplicarías una fuerza?	“Cuando tengo que hacer un trabajo de movimiento, como correr una silla”.
¿Consideras que hay diferencias entre estos tres conceptos (energía, fuerza y trabajo), cuales serian estas diferencias?	“No creo que hayan diferencias porque todas se resumen en el cuerpo de igual manera”.
¿En cual cuerpo?	“En el que se va a establecer una fuerza o algún trabajo”.
¿Como así?	“Para yo hacer un trabajo necesito fuerza y para la fuerza se necesita energía”.
¿Para ti que es esfuerzo?	“Algo que nos da dificultad hacer “.
¿Habrá alguna diferencia entre fuerza y esfuerzo?	“No porque cuando hacemos fuerza ahí trabajamos un esfuerzo que nos cuesta hacer algo, cuando a nosotros nos cuesta hacer una fuerza a nosotros nos da esfuerzo por ejemplo levantar una pesa cuando una persona por primera vez le da mucha dificultad y esta trabajando ahí la fuerza”.
<b>Cuando se te presento la situación de una patinadora y se te pregunto si en esta se realiza trabajo contestaste que no realizaba trabajo porque ya adquirió la fuerza y trabajo que es el movimiento. Intentas decir que trabajo es movimiento o realmente querías expresar otra idea con estas palabras.</b>	“Deduzco que la patinadora hace un trabajo el cual creo que si podría ser un movimiento que ella hace”.
¿Cómo así?	“Por que ella al patinar hace un trabajo de movimiento”.
¿Y el trabajo lo hace en el momento en que esta patinando, antes de patinar o después de que patina?	“En el momento en que esta patinando”.
<b>En la encuesta anterior te presentamos varias opciones para que eligieras la palabra que según tu se adecuaba mejor al concepto de trabajo en física. Las opciones fueron: forma de energía, actividad productiva, modo de transferir energía, movimiento y fuerza. Tu elección fue un <u>modo de transferir energía</u>, explícanos como entiendes que el trabajo es un modo de transferir energía.</b>	“Si porque cuando hacemos un trabajo y este tiene algún movimiento o alguna reacción le tenemos que transferir un modo de energía para que el tenga una reacción”.
<b>ASERTOS: Concibe el trabajo como fuerza y energía. La fuerza es movimiento.</b>	

<b>ENTREVISTA C<sub>5</sub></b>	
<b>¿Que crees que es energía?</b>	"Para mí la energía es lo que le da luz a una casa o hace que los electrodomésticos funcionen, también pienso que la energía la tenemos nosotros ya que nos podemos mover nos mantenemos manejando todas las partes de nuestros cuerpos".
<b>¿Para ti solo existe la energía eléctrica?</b>	"No también la energía del cuerpo y la energía del solar".
<b>¿Para ti que sería la energía del cuerpo?</b>	"Es la que nos da los movimientos".
<b>¿Cómo definirías el concepto trabajo en física?</b>	"Es cuando uno ejercita todo el cuerpo y se mantiene en movimiento constantemente".
<b>Entonces para ti el trabajo solo tiene que ver con movimiento.</b>	"Con el movimiento".
<b>¿Consideras que hay diferencias entre estos tres conceptos (energía, fuerza y trabajo), cuales serian estas diferencias?</b>	"Que la energía es lo que hace que las cosas funcionen, que la fuerza es lo que alguna persona levanta algo pesado o cuando un objeto pesado se pone en otro más débil y trabajo es lo que uno hace constantemente cuando se traslada de algún lugar para otro".
<b>¿Para ti la fuerza no requiere de energía?</b>	"Si".
<b>¿Que relaciones crees que hay entre estos tres conceptos (energía, fuerza y trabajo)?</b>	"Las relaciones es que tanto como la energía, la fuerza y el trabajo es que las necesitamos siempre porque la energía que nosotros tenemos nos ayuda a darnos fuerza cuando hacemos algún trabajo como levantar algo muy pesado y trasladarnos de un lado a otro lado".
<b>¿Para ti lo único que puede producir fuerza es el hombre o hay algo diferente que pueda producir fuerza?</b>	"No por ejemplo una maquina que levante algo, un objeto que levante otro objeto por ejemplo una mesa cuando uno pone un televisor ahí la mesa le da la fuerza para que el televisor no se caiga".
<b>En el cuestionario anterior se te presento una situación de una mujer que saca agua de un pozo y respecto a ésta se te pregunto si se realizaba trabajo, tu respuesta fue "en este caso el trabajo es cuando la mujer comienza a hacer fuerza para sacar agua del pozo". ¿Podríamos interpretar de esta respuesta que el trabajo es una fuerza o realmente querías expresar otra idea?</b>	"Sí es la fuerza que la mujer hace al sacar el agua porque el balde tiene agua y el balde hace dar la fuerza para que la mujer saque el agua".
<b>¿Que pasaría si se rompiera la cuerda y la mujer no pudiera sacar el agua?</b>	"Ahí si se embalo, o tendría que coger otra cuerda amarrar otro balde y volver a empezar".
<b>¿Entonces no habría trabajo si la cuerda se rompiera?</b>	"No porque ya no esta haciendo fuerza, solo queda el pedazo de cuerda".

<p><b>En la encuesta anterior te presentamos varias opciones para que eligieras la palabra que según tu se adecuaba mejor al concepto de trabajo en física. Las opciones fueron: forma de energía, actividad productiva, modo de transferir energía, movimiento y fuerza. Tu elección fue <u>movimiento</u>, si aún piensas de la misma manera define trabajo utilizando esta palabra.</b></p>	<p>"Sí porque el trabajo que uno hace necesita el movimiento como el trabajo del humano, para yo poder caminar necesito moverme".</p>
<p><b>También en la encuesta anterior definiste el trabajo como una actividad como concilias esta idea con la anterior.</b></p>	<p>"Porque nosotros nos movemos para ir a algún lado y eso también es una actividad para nosotros".</p>
<p><b>ASERTOS: Asume una relación entre los conceptos trabajo fuerza y energía. El concepto trabajo lo relaciona con el movimiento.</b></p>	

## 7.3 CONVERSATORIO

### OBJETIVOS

- Acercar al estudiante al contexto de formalización del concepto trabajo.
- Introducir conceptos relacionados con el concepto trabajo.

Durante la revolución industrial hubo un gran desarrollo económico que generó la necesidad de idear nuevos medios de transporte para las mercancías y construir máquinas con las que se optimizara la energía que se les suministraba, por tal razón esta época se caracterizó por un marcado interés en las máquinas dado que la fuerza motriz que ellas entregaban se usaba para levantar pesos o transportar cargas.

Los ingenieros de la época se interesaron en desarrollar una teoría sobre los efectos mecánicos de las máquinas, medir su eficacia y evaluar su rendimiento para ello se recurre a la dinámica, la cual analizaba todos los fenómenos a partir de las fuerzas pues estas eran vistas como las causas del movimiento, esto implicaba que todos los fenómenos estuvieran reducidos a movimiento. Si hay movimiento hay una relación con la vis viva (producto de la masa por el cuadrado de la velocidad:  $mv^2$ ), o sea con el teorema dinámico conocido como conservación de la vis viva (La vis viva fue considerada como una cantidad constante que se puede transmitir de un cuerpo a otro modificando el estado de movimiento del cuerpo que la recibe).

La caída libre fue utilizada como prototipo para cuantificar la vis viva que un cuerpo puede adquirir. **¿Cómo crees que se relaciona la vis viva con la altura de caída de un cuerpo?**

En la sesión anterior se realizaron algunos experimentos mentales este fue uno de ellos.

Un hombre se dispone a clavar una estaca en un terreno; se le ocurre que un buen método puede ser dejar caer una masa desde determinada altura sobre ella. Cuando deja caer un cuerpo de masa  $m$  desde una altura  $h$  sobre la estaca, observa que esta logra hundirse una longitud  $L$ , a partir de este hecho se le ocurre realizar la experiencia de dejar caer desde una altura  $2h$  la misma masa  $m$ .

**¿Qué relación encuentras entre la lectura y el experimento planteados?**

El interés por evaluar el efecto de las máquinas trajo consigo la producción de nuevos conocimientos y la introducción de nuevos conceptos que permitirían explicar muchos fenómenos el concepto trabajo es uno de ellos, dicho concepto fue desarrollado por Coriolis en su estudio sobre la evaluación del efecto de las máquinas, efecto que era calculado teniendo en cuenta que la elevación de un peso es proporcional al peso elevado y a la rapidez del ascenso vertical.

**¿Cómo definirías el concepto trabajo ahora que tienes esta nueva información?**

Lee la siguiente frase y con tus palabras expresa la interpretación que haces de ella y las opiniones que te genera.

«Yo acepto que en toda materia creada existe cierta cantidad de movimiento, el cual nunca aumenta ni disminuye y, por lo tanto, si un cuerpo pone en movimiento a otro entonces pierde tanto movimiento suyo, cuanto le comunica». R. Descartes (1596-1650)

## Matriz de respuestas al conversatorio

Preguntas Casos	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
C <sub>1</sub>	"Con la caída desde una altura el cuerpo adquiere una velocidad dependiendo de su masa o peso".	"La velocidad de caída será doble a su primera caída".	"El trabajo es un movimiento que se ejerce mediante la fuerza de acuerdo a peso y altura".	"El texto quiere decir que cuando un objeto golpea a otro este pierde velocidad o incluso puede detenerse y el otro cuerpo puede adquirir más velocidad".
<p><b>ASERTOS:</b> Relaciona trabajo con peso y altura de caída.            Considera el trabajo como un movimiento.            Asume como valida la transmisión de movimiento</p>				
C <sub>2</sub>	"Pues yo creo que se relaciona en que según lo que yo leí y mas o menos entendí que si hay movimiento la vis viva tiene relación con esto, entonces al caer un cuerpo no importe la altura va ha tener movimiento entonces se va a relacionar con la vis viva".	"La relación que encuentro entre la lectura y el experimento es que el hombre intenta clavar una estaca en un terreno y se le ocurre dejar caer una masa al dejarla caer obtiene movimiento entonces se relaciona con la vis viva porque la vis viva se relaciona con el movimiento y de esto trata parte de la lectura".	"Pues teniendo esta nueva información creo el trabajo es el constante movimiento que se le emplea a un cuerpo teniendo en cuenta la proporcionalidad es decir entre mas aumente el movimiento menos es el peso de la masa".	"La expreso de la manera de que al poner en movimiento un cuerpo se pierde el movimiento de uno para ponerlo en movimiento. Entonces todo concuerda y tiene lógica si uno tiene un movimiento arrastra otro se pierde un poco se pierde un poco el del que emplea su ayuda por la fuerza que le emplea".
<p><b>ASERTOS:</b> Relaciona la vis viva con la caída libre dado que el cuerpo adquiere movimiento en la caída.            Considera el trabajo como un movimiento.            Asume como valida la transmisión de movimiento</p>				

<b>C<sub>3</sub></b>	"Pues se dice que la vis viva es una cantidad constante se transmite de un cuerpo a otro, entonces al caer libremente pasa del reposo al movimiento hasta ser detenido por algo entonces ahí estaría la relación que se transmite de un cuerpo a otro".	"Que en ambos la longitud será mayor si lo hacemos con cálculos o simplemente lo hacemos a conciencia deducimos es mayor la longitud".	"Con este concepto definiría como un elemento ejercido con fuerza y la fuerza ejercida de acuerdo al peso y siempre ejerciendo hacia arriba".	"Para mi no pierde movimiento ya que anteriormente nos decían que el movimiento de una masa no aumenta ni disminuye pero tampoco le comunica".
<b>ASERTOS: Relaciona el trabajo con fuerza. No acepta la idea de la transmisión de movimiento.</b>				
<b>C<sub>4</sub></b>	"Se relaciona por una caída o un movimiento ocasionado".	"En la energía que se necesita para que sea suministrado el movimiento".	"Que dependiendo del estado que se encuentre el objeto va aumentando o disminuyendo el trabajo".	"Creo que cuando se genera el movimiento para dar otro movimiento es que creo que pierde fuerza para que la materia lo tome".
<b>ASERTOS: Relaciona energía con caída libre. Asume que cuando un cuerpo entrega movimiento pierde fuerza.</b>				
<b>C<sub>5</sub></b>	"Yo creo que relacionaría como la cantidad constante que se transmite de un cuerpo a otro en estado de movimiento el otro cuerpo que recibe. En si yo estoy en un edificio y abajo hay otra persona y yo le tiro un objeto pesado la persona de abajo va recibir un fuerte golpe ya que la velocidad del cuerpo va muy rápido".	"En que todo va con la masa pero no tienen relación por que la lectura nos habla de las maquinas que hacen para levantar cargas y el experimento es que un señor quiere enterrar una estaca que el mismo esta haciendo su experimento sin ayuda de una maquina".	"Yo la definiría como el trabajo que hace la maquina cuando eleva un peso proporcional al peso elevado".	"Yo pienso que si es verdad que un cuerpo pone en movimiento a otro entonces pierde tanto movimiento suyo. Si porque yo le hago movimiento a algo pesado como una mesa pesada que me debilito por el trabajo que tengo que hacer al llevar la mesa a otro lado".
<b>ASERTOS: Relaciona la velocidad de caída con la vis viva. Relaciona trabajo con levantamiento de pesos. El esfuerzo corresponde a la noción que tiene de trabajo. acepta la idea de la transmisión de movimiento.</b>				

## 7.4 INSTRUMENTO DE CONCEPTUALIZACIÓN 1

### OBJETIVOS:

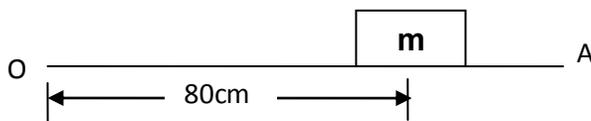
- Identificar las fuerzas presentes en los sistemas masa - plano horizontal y masa - plano inclinado.
- Establecer relaciones entre las variables que intervienen en el equilibrio y/o el movimiento de un cuerpo a lo largo de un plano horizontal y de un plano inclinado.

### Materiales

- Plano inclinado
- Transportador
- Dinamómetro
- Cinta métrica
- Juego de masas

### PROCEDIMIENTO

1. Ubica una masa de 20g sobre un plano horizontal a una distancia (d) de 80cm respecto a uno de los extremos del plano como se muestra en la figura.

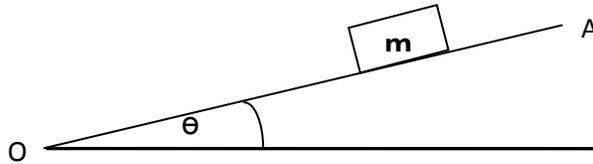


Realiza el diagrama de cuerpo libre para **m**.

Describe en términos del reposo o movimiento lo que sucede con la masa. Justifique.

¿Las fuerzas que actúan sobre la masa están realizando trabajo?, ¿Por qué?

2. Desde el extremo A Inclina el plano un ángulo  $\theta$  para el cual la masa continúe en reposo como indica la figura.



Realiza el diagrama de cuerpo libre para  $m$  y descomponga esas fuerzas en componentes perpendiculares al plano y componentes paralelas al plano.

Responde las siguientes preguntas:

¿Qué sucede con las fuerzas que actúan sobre  $m$ ? ¿Por qué?

¿Las fuerzas que actúan sobre la masa están realizando trabajo?, ¿Por qué?

3. Aumenta lentamente el ángulo de inclinación del plano hasta encontrar el ángulo para el cual la masa empieza a deslizarse.

Representa las fuerzas que actúan sobre la masa en sus componentes paralelas y perpendiculares al plano y responde las siguientes preguntas:

¿Cuál crees que es la razón por la cual la masa empieza a deslizarse?

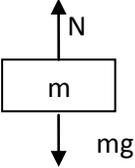
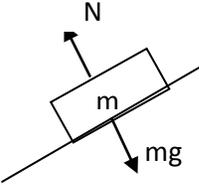
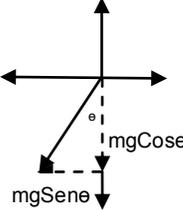
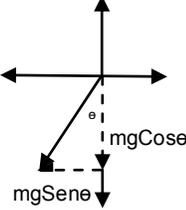
¿Cuáles componentes de las fuerzas crees que son las que producen el movimiento, las paralelas al plano o las perpendiculares al plano? ¿Por qué?

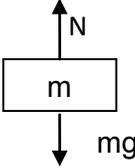
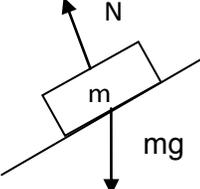
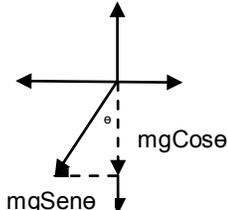
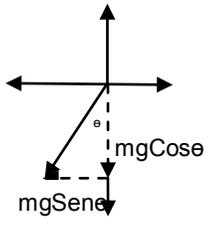
¿Cuáles de las fuerzas que actúan sobre la masa están realizando trabajo?, ¿Por qué?

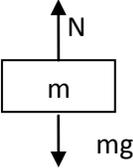
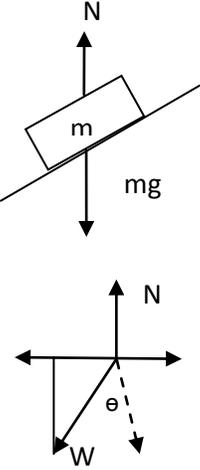
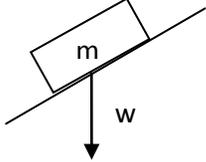
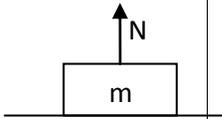
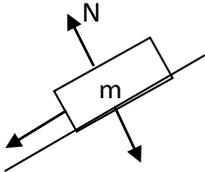
¿Cuáles crees que son las condiciones que se deben cumplir para que una fuerza realice trabajo?

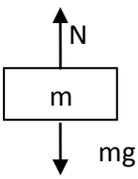
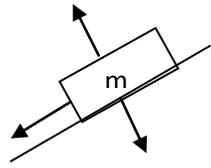
¿Cómo definirías el concepto trabajo?

## Matriz respuestas al instrumento de conceptualización 1

Preguntas Casos	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
C <sub>1</sub>	 <p>"La masa se encuentra en reposo porque no se le está aplicando una fuerza".</p> <p>"No está realizando trabajo por que no se le esta aplicando una fuerza que el produzca movimiento".</p>	  <p>"No responde"</p> <p>"No porque el cuerpo está en reposo".</p>	 <p>"Por el ángulo de inclinación que va creciendo".</p> <p>"Paralela porque se desplaza sobre el plano".</p> <p>"El trabajo lo esta realizando el plano al inclinarse".</p> <p>"Una de las condiciones es que haya movimiento".</p> <p>"El trabajo es un movimiento que requiere de la fuerza".</p>
<p><b>ASERTOS:</b> A pesar de haber representado las fuerzas aplicadas al cuerpo justifica el equilibrio como ausencia de fuerzas.          Se presenta la fuerza como causa del movimiento.          Para que haya trabajo se necesita una fuerza          Relaciona trabajo con movimiento y fuerza.          Considera que debe haber movimiento para que haya trabajo.          No se habla de una sumatoria de fuerzas o de fuerza resultante.          Concibe el trabajo como un movimiento.</p>			

<p><b>C<sub>2</sub></b></p>	 <p>"Se encuentra en reposo porque no se le esta aplicando ninguna clase de fuerza".</p> <p>"No hay trabajo porque no hay ninguna clase de fuerza que se le emplee a la masa".</p>	  <p>"No responde".</p> <p>"No existe ninguna clase de trabajo ya que la masa esta en reposo y para que haya trabajo tiene que haber movimiento".</p>	 <p>"La razón por la que la masa se desliza es por el grado de inclinación que se le puso".</p> <p>"Es paralela porque se ve que el cuerpo se desplaza sobre en dirección al plano".</p> <p>"La fuerza que esta realizando trabajo es la fuerza que hace el plano en la masa al inclinarse ya que al hacerlo deslizar es porque esta haciendo un trabajo sobre ella".</p> <p>"Las condiciones que se deben cumplir para que una fuerza realice trabajo es que el cuerpo o masa no este en reposo es decir que este en movimiento".</p> <p>"Lo definiría como un cuerpo que al aplicarle fuerza esta haciendo un movimiento y al tener estas dos se esta realizando un trabajo".</p>
<p><b>ASERTOS:</b> A pesar de haber representado las fuerzas aplicadas al cuerpo justifica el equilibrio como ausencia de fuerzas.  Se presenta la fuerza como causa del movimiento.  Explica el equilibrio de un cuerpo como la ausencia de fuerzas, no identifica las fuerzas que se anulan.  Considera que sobre un cuerpo no se realiza trabajo si no hay fuerza aplicada al cuerpo.  Considera que la fuerza normal realiza trabajo.  Considera que debe haber movimiento para que haya trabajo.</p>			

<p><b>C<sub>3</sub></b></p>	 <p>"La masa esta en reposo ya que no hay una fuerza que las muevan".</p> <p>"Si porque al ejercer fuerza se entra a ejercer también un trabajo".</p>	 <p>"Las fuerzas lo que hacen es formar una resistencia entre ellas para que la masa se sostenga sobre la superficie".</p> <p>"Si porque ejercen fuerza y presión entre ellas".</p>	 <p>"Por el ángulo más inclinado y por la presión de la masa y la gravedad es que comienza a deslizarse".</p> <p>"Creo que ambas son importantes para el movimiento ya que estas hacen inclinar más el plano y entre mas inclinado habrá movimiento".</p> <p>"Todas las fuerzas hacen posible el trabajo por eso la masa se mueve".</p> <p>"Las condiciones para que una fuerza realice trabajo es que haya movimiento".</p> <p>"El trabajo es una serie de movimientos ejercidos con fuerzas".</p>
<p><b>ASERTOS:</b> Considera la fuerza como causa de movimiento.  Concibe el trabajo como algo que se ejerce. Concibe que donde hay fuerza hay trabajo.  Explica el equilibrio de la masa sobre el plano como el resultado de una resistencia entre las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.  Implicitamente considera una componente del peso que hace deslizar el cuerpo.  Considera que hay trabajo si hay movimiento.  Concibe el Trabajo como un movimiento ejercido con fuerza.</p>			
<p><b>C<sub>4</sub></b></p>	 <p>"La masa se encuentra en reposo porque no hay ningún movimiento que la este ejerciendo".</p> <p>"Si porque tienen tensión en la fuerza".</p>	 <p>"Que hacen que la superficie las haga deslizar".</p> <p>"Si porque ejercen un peso".</p>	<p>"Porque la superficie esta inclinada".</p> <p>"Porque el movimiento ejerce las fuerzas".</p> <p>"La fuerza que realiza trabajo es la paralela ya que esta da el movimiento".</p> <p>"Creo que las condiciones que se deben cumplir es que la masa, la fuerza le permita el movimiento".</p> <p>"Trabajo yo lo defino como dar una fuerza o energía que le dificulte hacer un movimiento velocidad o altura".</p>
<p><b>ASERTOS:</b> No explica el reposo en términos de fuerzas que se equilibran.  Considera que las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en reposo realizan trabajo, pero a su vez afirma que una condición para que una fuerza realice trabajo es que la fuerza debe permitir el movimiento.  Considera que trabajo es dar una fuerza o energía.  Relaciona el trabajo con movimiento velocidad y altura.</p>			

<p><b>C<sub>5</sub></b></p>	 <p>"Lo que pasó con la masa es que se quedó en reposo".</p> <p>"Para mí la masa está en equilibrio".</p>	 <p>"Lo que sucede es que la masa queda en equilibrio ya que contiene 3 fuerzas".</p> <p>"Si porque la mantienen en equilibrio".</p>	<p>"Por vamos inclinando el ángulo mas alto así la masa se desliza".</p> <p>"Sería la paralela porque la fuerza debe ir con el movimiento del cuerpo".</p> <p>"La que fuerza que esta realizando trabajo son las paralelas porque es la paralela al movimiento".</p> <p>"Las condiciones que se deben cumplir son que la masa este en movimiento y que la fuerza resultante sea el que le de el trabajo a la masa".</p> <p>"Trabajo es lo que una fuerza le da a otra cosa como por ejemplo si una mesa cargara un televisor grande o si uno tirara una piedra de 30kilos sobre un carro se aplasta ahí el trabajo es que la piedra se encarga de aplastar el carro".</p>
<p><b>ASERTOS:</b>  <b>Las fuerzas paralelas al movimiento son las que realizan trabajo.</b>  <b>Considera que las fuerzas responsables del equilibrio realizan trabajo, a su vez afirma que una condición para que una fuerza realice trabajo es que la fuerza resultante logre mover el cuerpo.</b>  <b>Concibe el trabajo como el efecto de una fuerza o como algo que se le entrega a un cuerpo.</b></p>			

## 7.5 INSTRUMENTO DE CONCEPTUALIZACIÓN 2

### Objetivos

- Presentar el concepto trabajo a partir del levantamiento de pesos.
- Establecer relaciones entre trabajo y energía mecánica.

### 1. Introducción

Un cuerpo en movimiento posee cierta cantidad de vis viva o en términos actuales energía cinética, la cual es una forma de energía asociada a la velocidad del cuerpo.

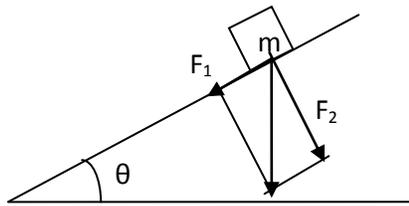
Cuando una masa  $m$  se deja caer desde una altura  $h$  ésta adquiere una velocidad  $v$  y gana energía cinética cuyo valor es  $\frac{1}{2}mv^2$ , además de las ecuaciones de cinemática se tiene que  $v^2 = 2gh$  y al sustituir este valor en la expresión  $\frac{1}{2}mv^2$  se obtiene la expresión  $mgh$  que corresponde a otra forma de energía llamada energía potencial gravitacional y la cual está asociada a la posición del cuerpo.

La velocidad de la masa va aumentando a medida que el cuerpo cae, por lo tanto su energía cinética también aumenta, pero la altura a la que se encuentra la masa disminuye con la caída y como consecuencia su energía potencial también disminuye. Se define la energía mecánica como la suma de la energía cinética con la energía potencial  $E_m = E_k + E_p$

Se sabe además que las fuerzas pueden producir cambios en el movimiento de un cuerpo o sea que pueden modificar la velocidad del cuerpo ya sea en magnitud o en dirección y con ello se produce también un cambio en la energía del cuerpo, ese cambio obedece a una transferencia de energía. Por lo general estas transferencias de energía implican transformaciones de energía de un tipo a otro.

### 2. Movimiento de masas sobre el plano inclinado

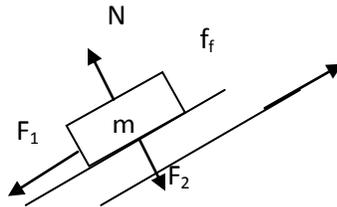
Cuando se pone una masa sobre un plano inclinado el peso del cuerpo actúa en dos direcciones,  $F_1$  es la componente del peso en la dirección paralela al plano y  $F_2$  es la componente del peso en la dirección perpendicular al plano como se muestra en la siguiente figura:



$$F_1 = mg \sin \theta$$

$$F_2 = mg \cos \theta$$

Las fuerzas que actúan sobre la masa cuando esta se mueve a lo largo del plano son las componentes del peso en las direcciones paralela y perpendicular al plano  $F_1$  y  $F_2$ , la normal ( $N$ ) y la fuerza de fricción ( $f_f$ ); luego el diagrama de cuerpo libre para la masa  $m$  queda como sigue:



En la dirección perpendicular al plano no hay desplazamiento porque  $F_2$  y  $N$  se anulan mutuamente, por lo tanto estas dos fuerzas no aportan en nada al movimiento del cuerpo a lo largo del plano. **¿Consideras que las fuerzas  $F_2$  y  $N$  realizan algún tipo de trabajo? ¿Por qué?**

Las fuerzas  $F_1$  y  $f_f$  actúan en la misma dirección del movimiento,  $F_1$  tiende a hacer deslizar el cuerpo a lo largo del plano mientras que  $f_f$  es una fuerza que se opone al movimiento. Para que la masa se deslice por el plano,  $F_1$  debe vencer la fuerza de fricción  $f_f$ . **¿Si la masa  $m$  se desliza por el plano las fuerzas  $F_1$  y  $f_f$  realizan algún tipo de trabajo? ¿Por qué?**

### 3. Levantamiento de pesos

Se dispone de una cuerda para levantar un cuerpo de masa  $m$  inicialmente en reposo hasta una altura  $h$ , el peso del cuerpo es una fuerza que opone resistencia al movimiento requerido, por lo tanto para lograr elevar la masa es necesario que la fuerza aplicada logre vencer el peso del cuerpo, en este caso si  $F$  es la fuerza que se aplica a la masa para levantarla entonces se debe cumplir que  $F$  sea mayor que

el peso del cuerpo ( $F > mg$ ). Si se utiliza un plano inclinado para llevar la misma masa  $m$  hasta la altura  $h$  y si se considera además que no hay fuerzas de fricción entre la masa y el plano, la componente del peso en la dirección del plano es la fuerza que se debe vencer para lograr que la masa ascienda por éste. Dicha componente del peso está dada por la expresión  $mg \sin \theta$  y ella apunta en sentido opuesto al desplazamiento requerido, como  $\theta$  es un ángulo que está entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$  grados entonces  $0 < \sin \theta < 1$  por lo tanto  $mg \sin \theta < mg$  esto significa que la fuerza que se debe vencer para lograr subir la masa a lo largo del plano hasta la altura  $h$  es menor que la fuerza que se debe vencer para elevar dicha masa hasta la altura  $h$  sin ayuda del plano; de este modo el plano inclinado es una máquina simple que ofrece una ventaja mecánica en el levantamiento de pesos.

#### 4. Trabajo realizado por el peso de un cuerpo y energía mecánica.

El uso de la fuerza motriz para levantar pesos o transportar cargas generó en el hombre un marcado interés por las máquinas, dado que transmiten la fuerza aplicada sobre ellas a otros cuerpos. Ante la necesidad de un método que permitiera evaluar la eficacia de las máquinas se desarrolla el concepto trabajo, denotado  $W$ , este concepto se relaciona con un método para evaluar el efecto de la máquina en el que se considera la altura hasta la cual ella levanta un peso con un suministro de energía dado.

Si se considera una máquina ideal, donde las fuerzas de fricción no tienen lugar, la medida del trabajo realizado por la máquina sobre el cuerpo está dado por la variación en la energía potencial del cuerpo, esto es:  $W = mgh_1 - mgh_2$  luego  $W = mg(h_1 - h_2)$  expresión que es válida cuando la fuerza aplicada es el peso y el movimiento es vertical. Una expresión más general para el trabajo realizado por una fuerza es  $W = Fd$  donde  $F$  es la componente de la fuerza aplicada en la dirección del movimiento y  $d$  es el desplazamiento del cuerpo.

Considere un cuerpo en reposo que esta sobre el suelo, si se dispone de una máquina ideal para levantar el cuerpo hasta una altura  $h$ , la máquina le transfiere energía al cuerpo, nótese que el cuerpo pasa de  $E_m = 0$  a  $E_m = mgh$ , por lo tanto la medida del trabajo realizado por la máquina sobre el cuerpo es:  $W = mgh$  donde el signo menos indica que la máquina disminuyó su energía en esa cantidad, mientras que el cuerpo aumentó su energía en la misma cantidad.

Cuando se levanta un cuerpo, el peso es la fuerza que ofrece resistencia al movimiento requerido, por lo tanto para lograr un desplazamiento vertical es necesario que la fuerza aplicada por la máquina logre vencer la resistencia generada

por el peso. De todo lo anterior tenemos que el trabajo depende de la fuerza aplicada en la dirección del movimiento y del cambio de posición de dicho cuerpo.

Si desde una altura  $h$  un cuerpo cae por efecto de su peso, la velocidad con la cual llega al suelo es  $v = \sqrt{2gh}$  y el trabajo realizado por el peso del cuerpo es:  $W = ngh$  al despejar  $h$  de la expresión dada para la velocidad y reemplazándola en la expresión para el trabajo se obtiene:  $W = \frac{1}{2}mv^2$ . Nótese que la energía mecánica del cuerpo antes de empezar a caer era  $E_m = ngh$  ósea que en dicha posición toda la energía mecánica es energía potencial, mientras que la energía mecánica del cuerpo al final del recorrido es  $E_m = \frac{1}{2}mv^2$  la cual corresponde a la energía cinética adquirida por el cuerpo en su recorrido. Lo anterior supone que durante el recorrido hubo una transformación de energía potencial en energía cinética lograda por la acción del peso durante el desplazamiento vertical.

Si se aprovecha la caída del cuerpo de tal manera que éste al caer golpee una estaca para hundirla en el piso y si se considera el choque completamente elástico, el trabajo realizado por el peso del cuerpo durante la caída da la medida de la energía que el cuerpo le transmite a la estaca.

## 5. Actividad

A partir de la siguiente figura realiza un mapa conceptual sobre el concepto trabajo agregando los conectores y las palabras de enlace que consideres apropiadas para tal fin.



## Matriz de respuestas instrumento de conceptualización 2

Preguntas Casos	P1	P2	P3
<p><b>C<sub>1</sub></b></p>	<p>"En parte sí porque son la que causan el equilibrio y en parte no porque no hay movimiento".</p>	<p>"Sí están realizando trabajo porque la <math>F_f</math> le esta aplicando una fuerza a la masa".</p>	<p>The diagram for C1 shows 'Transferecia' at the top, with a downward arrow to 'Energía mecánica'. From 'Energía mecánica', two arrows point down to 'Energía Cinética' and 'Energía Potencial', with the handwritten note 'se divide en' between them. Below these two is 'Transformación', with an arrow pointing up and the note 'que hacen trabajo'. To the right, 'Trabajo' is connected to 'Fuerza' by a double-headed arrow with the note 'cambio de energía'. 'Fuerza' has a downward arrow to 'Movimiento' with the note 'produce el', and an upward arrow to 'Desplazamiento' with the note 'logra'. 'Desplazamiento' also has a downward arrow to 'Fuerza'.</p>
<p><b>C<sub>2</sub></b></p>	<p>"No estoy muy seguro pero creo que dependiente de cómo se eleve la base en la que esta la masa porque si se eleva demasiado la <math>F_2</math> se anula y cae la masa venciendo la fricción".</p>	<p>"Realizan trabajo hasta que el plano se eleva lo suficiente para anular la fricción".</p>	<p>The diagram for C2 shows 'Transferecia' at the top, with a downward arrow to 'Energía mecánica'. From 'Energía mecánica', two arrows point down to 'Energía Cinética' and 'Energía Potencial', with the handwritten note 'estas' between them. Below these two is 'Transformación', with an arrow pointing up and the note 'trabajo'. To the right, 'Trabajo' is connected to 'Fuerza' by a double-headed arrow with the note 'produce'. 'Fuerza' has a downward arrow to 'Movimiento' with the note 'produce', and an upward arrow to 'Desplazamiento' with the note 'logra'. 'Desplazamiento' also has a downward arrow to 'Fuerza'.</p>
<p><b>C<sub>3</sub></b></p>	<p>"Sí porque son las componentes que actúan para mantener al cuerpo equilibrado".</p>	<p>"Si porque ambas actúan sobre el cuerpo una para ponerlo en movimiento y la otra para evitar el movimiento".</p>	<p>The diagram for C3 shows 'Transferecia' at the top, with a downward arrow to 'Energía mecánica'. From 'Energía mecánica', two arrows point down to 'Energía Cinética' and 'Energía Potencial', with the handwritten note 'en' between them. Below these two is 'Transformación', with an arrow pointing up and the note 'trabajo'. To the right, 'Trabajo' is connected to 'Fuerza' by a double-headed arrow with the note 'es un'. 'Fuerza' has a downward arrow to 'Movimiento' with the note 'produce', and an upward arrow to 'Desplazamiento' with the note 'logra'. 'Desplazamiento' also has a downward arrow to 'Fuerza'.</p>

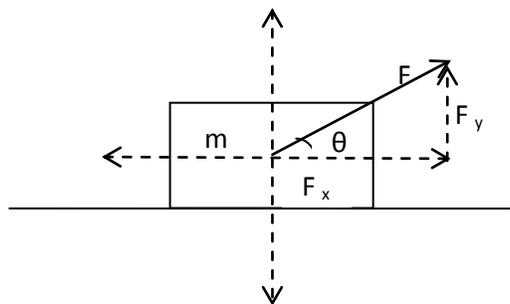
<p><b>C<sub>4</sub></b></p>	<p>"Si porque el cuerpo esta sostenido y a medida que se vaya indicando".</p>	<p>"Si porque ellas hacen un movimiento de deslizamiento hacia abajo".</p>	<p>Este diagrama de flujo ilustra el proceso de transferencia de energía. Comienza con 'Transferencia' que apunta a 'Energía mecánica'. Desde 'Energía mecánica', una flecha etiquetada 'MECÁNICA' apunta a 'Trabajo'. 'Trabajo' tiene flechas que apuntan a 'Energía Cinética' y 'Energía Potencial'. 'Energía Cinética' y 'Energía Potencial' tienen flechas que apuntan a 'Transformación'. 'Trabajo' también tiene una flecha que apunta a 'Fuerza'. 'Fuerza' tiene flechas que apuntan a 'Movimiento' y 'Desplazamiento'. 'Desplazamiento' tiene una flecha que apunta a 'Fuerza'. Hay flechas adicionales que conectan 'Energía Cinética' y 'Energía Potencial' con 'Fuerza' y 'Movimiento'.</p>
<p><b>C<sub>5</sub></b></p>	<p>"No porque las fuerzas en este momento esta actuando son <math>f_1</math> y <math>f_f</math>".</p>	<p>"Sí porque la <math>f_1</math> es que hace que el cuerpo se deslice mientras que la fuerza <math>f_f</math> hace la fuerza en sentido contrario".</p>	<p>Este diagrama de flujo es similar al anterior, pero con flechas que indican relaciones de oposición o transformación. 'Transferencia' apunta a 'Energía mecánica'. 'Energía mecánica' apunta a 'Trabajo'. 'Trabajo' apunta a 'Energía Cinética' y 'Energía Potencial'. 'Energía Cinética' y 'Energía Potencial' apuntan a 'Transformación'. 'Trabajo' también apunta a 'Fuerza'. 'Fuerza' apunta a 'Movimiento' y 'Desplazamiento'. 'Desplazamiento' apunta a 'Fuerza'. Sin embargo, hay flechas que indican relaciones de oposición: una flecha de 'Desplazamiento' a 'Transferencia' con un signo menos, y una flecha de 'Fuerza' a 'Trabajo' con un signo menos. También hay flechas que conectan 'Energía Cinética' y 'Energía Potencial' con 'Fuerza' y 'Movimiento'.</p>

## 7.6 INSTRUMENTO DE APLICACIÓN

### Objetivos

- Identificar las condiciones necesarias para que una fuerza realice trabajo.
  - Analizar la comprensión del concepto trabajo.
1. Reflexiona sobre las siguientes afirmaciones y coloca al frente de cada una F o V según la consideres falsa o verdadera. Justifica tu respuesta
    - ( ) Las fuerzas que se anulan mutuamente realizan trabajo
    - ( ) Las fuerzas perpendiculares a la dirección del movimiento realizan trabajo
    - ( ) Para que una fuerza realice trabajo ella debe actuar en la misma dirección del movimiento y debe además vencer las fuerzas resistentes que se oponen a dicho movimiento
    - ( ) Las fuerzas que actúan en la misma dirección del movimiento realizan trabajo aunque ellas no logren que el cuerpo se desplace.
  2. Para cada una de las preguntas selecciona la opción que consideres correcta.

Se arrastra un cuerpo sobre una superficie horizontal aplicando una fuerza que forma un ángulo  $\theta$  con la superficie como indica la figura.



- a) La componente de la fuerza que realiza trabajo es:
- La componente que va en la dirección del movimiento.
  - La componente perpendicular a la dirección del movimiento.
- b) Otra fuerza que actúa sobre el cuerpo es el peso de éste, respecto a esta fuerza se puede decir:
- El peso del cuerpo realiza trabajo
  - El peso del cuerpo no contribuye al movimiento de éste
3. Selecciona la opción que consideres más acertada para definir el concepto trabajo.
- a) Es la fuerza que se debe aplicar para desplazar un cuerpo a lo largo de una trayectoria.
  - b) Es el movimiento de un cuerpo en la dirección de una fuerza aplicada.
  - c) Es un proceso de transferencia de energía que se logra cuando al aplicar una fuerza sobre un cuerpo se produce un desplazamiento en la dirección de la fuerza aplicada.
  - d) Es una forma de energía relacionada con el movimiento de un cuerpo.

### Matriz de respuestas al instrumento de aplicación

Preguntas Casos	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
<b>C<sub>1</sub></b>	<p>"(F) No porque no hay movimiento".</p> <p>"(F) No es la horizontal a la dirección del trabajo".</p> <p>"(V) Si porque la fuerza debe ser mayor al peso del cuerpo".</p> <p>"(F) No porque el peso es mayor a toda la fuerza aplicada y no logra movimiento".</p>	<p><b>a)</b> La componente que va en la dirección del movimiento (<math>F_x</math>).</p> <p><b>b)</b> El peso del cuerpo no contribuye al movimiento de éste</p>	<p><b>c)</b> Es un proceso de transferencia de energía que se logra cuando al aplicar una fuerza sobre un cuerpo se produce un desplazamiento en la dirección de la fuerza aplicada.</p>
<b>C<sub>2</sub></b>	<p>"(F) Porque al anularse ya no hace ningún tipo de trabajo".</p> <p>"(V) Si realizan trabajo porque al estar en el plano una masa esta haciendo trabajo hacia abajo".</p> <p>"(V) Porque la fuerza para lograr trabajo debe como luchar con otras fuerzas que se oponen y así forman trabajo".</p> <p>"(V) No estoy muy seguro pero creo que si porque al no lograr que se desplace quiere decir que las 2 están aplicando fuerza y así logran trabajo".</p>	<p><b>a)</b> La componente que va en la dirección del movimiento (<math>F_x</math>).</p> <p><b>b)</b> El peso del cuerpo no contribuye al movimiento de éste</p>	<p><b>c)</b> Es un proceso de transferencia de energía que se logra cuando al aplicar una fuerza sobre un cuerpo se produce un desplazamiento en la dirección de la fuerza aplicada.</p>
<b>C<sub>3</sub></b>	<p>"(F) Porque al anulasen las fuerzas, estas se pierden y sin fuerza no hay trabajo".</p> <p>"(V) Si porque son fuerzas que ayudan con el movimiento y como hay fuerza y movimiento hay trabajo".</p> <p>"(V) Si porque esta debe vencer la fricción y al vencer esta se produce movimiento".</p> <p>"(F) Porque si la fuerza actúa sobre la dirección del movimiento la masa se tiene que mover y en este caso no lo hace".</p>	<p><b>a)</b> La componente que va en la dirección del movimiento (<math>F_x</math>).</p> <p><b>b)</b> El peso del cuerpo realiza trabajo.</p>	<p><b>b)</b> Es el movimiento de un cuerpo en la dirección de una fuerza aplicada.</p>

<p><b>C<sub>4</sub></b></p>	<p>"(F) No porque igual sigue haciendo trabajo".  "(V) Si porque ocasionan una energía".  "(F) No porque se puede actuar en cualquier dirección".  "(V) Si porque así este en reposo actúa una fuerza, una energía un trabajo".</p>	<p><b>a)</b> La componente perpendicular a la dirección del movimiento (<math>F_y</math>).   <b>b)</b> El peso del cuerpo realiza trabajo.</p>	<p><b>c)</b> Es un proceso de transferencia de energía que se logra cuando al aplicar una fuerza sobre un cuerpo se produce un desplazamiento en la dirección de la fuerza aplicada.</p>
<p><b>C<sub>5</sub></b></p>	<p>"(V) Porque si yo estoy haciendo trabajo para levantar algo y luego lo descargo hay estoy anulando una fuerza".  "(F) Porque la fuerza aplicada no va ser la misma a la de una fuerza paralela".  "(V) Porque hay que aplicar una fuerza a la misma dirección".  "(V) Si porque el cuerpo es muy pesado al intentar darle movimiento estoy haciéndole trabajo".</p>	<p><b>a)</b> La componente que va en la dirección del movimiento (<math>F_x</math>).   <b>b)</b> El peso del cuerpo no contribuye al movimiento de éste.</p>	<p><b>c)</b> Es un proceso de transferencia de energía que se logra cuando al aplicar una fuerza sobre un cuerpo se produce un desplazamiento en la dirección de la fuerza aplicada.</p>

## 8. ANÁLISIS DE LOS HALLAZGOS

El análisis se inicia mediante el cruce de información brindada por cada uno de los casos, a partir de una mirada pedagógica, buscando las particularidades de cada uno de ellos para desarrollar reflexiones acerca de la recontextualización del concepto trabajo y sobre propuestas alternativas de enseñanza. Se establece la correspondencia entre categorías y modelos para cada caso en cada instrumento y posteriormente se analiza la información obtenida para cada caso en lo referente al concepto a través de todos instrumentos. Los modelos explicativos y las categorías apriorísticas se establecen a partir del análisis histórico-epistemológico y del análisis realizado a textos escolares ambos en relación con el concepto trabajo. Las categorías emergentes surgen del análisis hecho a los instrumentos de indagación.

### **Modelos explicativos:**

M1: Trabajo es la fuerza que se transmite de un cuerpo a otro. Este modelo se relaciona con el principio de transmisión de la fuerza y el teórico Leibniz quien considera que el único elemento real del mundo natural es la fuerza.

M2: Trabajo es la energía que se transmite de un sistema a otro. Modelo explicativo presente en los textos.

M3: Trabajo es la cantidad que mide la transferencia de energía entre el sistema y sus alrededores. Modelo explicativo presente en los textos.

M4: Trabajo es un proceso mediante el cual se realiza una transferencia de energía a partir de la aplicación de una fuerza logrando un desplazamiento en la dirección de dicha fuerza; para que ese desplazamiento se dé es necesario vencer las resistencias que se oponen al movimiento. Modelo explicativo relacionado con el análisis hecho de la obra de Coriolis.

M5: Trabajo es la cantidad de acción que se transmite a un cuerpo, esta denominación fue utilizada por Navier y dado que se relaciona con el principio de transmisión de movimiento, en este sentido se asume acción y movimiento como sinónimos.

M6: Modelo explicativo para el concepto trabajo que no corresponde con ningún teórico.

**Categorías:**

A: Trabajo como fuerza corresponde con M1

B: Trabajo como energía corresponde con M2

C: Trabajo como medida de la transferencia de energía corresponde con M3

D: Trabajo como proceso de transferencia de energía corresponde con M4

E: Trabajo como movimiento corresponde con M5

F: Trabajo como esfuerzo corresponde con M6

G: Trabajo como actividad corresponde con M6

## 8.1 Cuestionario de indagación

En este primer instrumento se identifican las nociones que cada caso tiene sobre energía y fuerza para analizar como es que cada uno de ellos los relaciona con el concepto trabajo. El caso uno ( $C_1$ ) establece un tipo de equivalencia entre los conceptos fuerza y energía cuando afirma: " La fuerza pienso yo es una carga de energía" además en sus argumentos no se vislumbra alguna diferencia entre ellos. Los casos dos ( $C_2$ ) y tres ( $C_3$ ) no dejan muy en claro sus nociones sobre fuerza y energía. El caso cuatro ( $C_4$ ) dice: " Donde Fuerza: hacer un ejercicio físico como el gimnasio o trotar, correr etc.", "Energía: tener ganas en los ejercicios cotidianos que hacemos (...)" De aquí se puede interpretar que la fuerza se concibe como una acción y la energía como una voluntad. El caso 5 ( $C_5$ ) no dice mucho sobre fuerza pero con respecto a la energía dice: "Energía cuando uno conecta un aparato eléctrico a un enchufe, ahí se hace una conexión y sale energía" se interpreta de aquí que asume la energía como energía eléctrica.

Con respecto al concepto trabajo es de notar que todos los casos se ubican como mínimo en dos categorías diferentes:

- $C_1$  define el trabajo explícitamente como una acción cuando expresa "(...) para mi trabajo es una acción que se ejerce (...)" pero si se tiene en cuenta las siguientes afirmaciones "el trabajo se realiza en las manos por el peso de la caja", "el trabajo se ejerce sobre las ruedas", "el trabajo se ejerce en la fuerza del impulso", se aprecia en las respuestas dadas una idea implícita del trabajo como esfuerzo. Por otra parte cuando en el cuestionario se le pide elegir la opción que considere mas apropiada para definir trabajo elige movimiento. De lo anterior se puede concluir

que este caso se ubica en las categorías E y F que corresponden con los modelos M5 y M6 respectivamente.

- C<sub>2</sub> sobre el concepto trabajo dice: "(...) yo lo definiría como el estudio de un objeto o cosa" se interpreta aquí implícitamente la noción de trabajo como una actividad, aparece también en este caso la idea de trabajo como esfuerzo a partir de la siguiente expresión: " Está haciendo un trabajo mas que todo de fuerza ya que al sacar el agua se esfuerza". Además eligió movimiento como la palabra más adecuada para definir trabajo. Se concluye entonces que este caso se ubica en las categorías E ,F y G; donde E corresponde con M5 mientras F y G corresponden con M6
- C<sub>3</sub> plantea la siguiente situación: "Al levantar una silla en la cual nos toque ejercer fuerza, si es muy pesada debemos tener buena energía y al levantarla nos costaría un poco de trabajo." La idea de trabajo como esfuerzo está implícita en sus palabras. Además cuando se le pide que defina el concepto trabajo lo hace de la siguiente manera: "Para mi el trabajo en física son fuerzas o esfuerzos que el cuerpo ejerce sobre algo de pronto sobre un instrumento que es muy pesado." Por otra parte considera que la palabra fuerza es la mas apropiada para definir el trabajo. Considerando lo anterior este caso se ubica en las categorías A y F que corresponden con los modelos M1 y M6 respectivamente.
- Para C<sub>4</sub> considerando las siguientes expresiones: "Trabajo: cuando nos cuesta dificultad hacer una labor" "No porque el trabajo es una fuerza aplicada a alguna situación ya sea un hobby o una actividad de movimiento" es de notar que considera el trabajo como un esfuerzo o como una fuerza. Por otra parte el concepto trabajo como un modo de transferir energía es la elección que el caso hace de las opciones

presentadas para definirlo y se asume de aquí la idea de trabajo como un proceso de transferencia de energía o al menos concibe la idea de la transferencia de energía. Además cuando se le pide que defina el concepto trabajo lo hace de la siguiente manera: "Como un movimiento de fuerza y energía que se le da a un cuerpo" de este modo también concibe el trabajo como un movimiento. El concepto trabajo para este caso se ubica en las categorías A, D, E y F correspondientes con los modelos M1, M4, M5 y M6 respectivamente.

- C<sub>5</sub> concibe el trabajo como una actividad, esto se interpreta de las palabras que utiliza para definir el concepto "Trabajo cuando uno trabaja como haciendo educación física que uno esta trabajando todo el cuerpo", "Yo lo definiría como uno tener que trabajar investigando a diario para obtener conceptos nuevos de lo que es la física y sus cosas." Si se consideran las siguientes afirmaciones: "En el caso del señor el realiza trabajo subiendo los cuatro pisos por las escaleras.", "En este caso el trabajo es en los brazos ya que ahí esta haciendo la fuerza en los brazos cargando la caja" se puede interpretar de ellas la noción de trabajo como esfuerzo. Además elige la palabra movimiento como la opción que mejor define el concepto, de este modo el trabajo también es concebido como movimiento. Considerando todo lo anterior este caso se ubica en las categorías E, F y G correspondientes con los modelos M5 y M6.

Es muy notorio que todos los casos en sus argumentos expresen de manera implícita o explícita la noción de trabajo como esfuerzo, lo cual corresponde a la concepción de trabajo en el ámbito cotidiano. Por otra parte el hecho de que todos los casos se ubiquen en varias categorías a la vez muestra que hay poca claridad sobre el concepto.

## 8.2 Entrevista

En vista de la poca claridad sobre el concepto trabajo y sobre los conceptos relacionados, se realiza una entrevista individual a cada caso con el fin de precisar sobre la noción que cada uno tiene de dichos conceptos encontrándose lo siguiente:

C<sub>1</sub> cuando afirma: "La fuerza es causada por la energía" establece una relación de causa efecto entre la energía y la fuerza, pero cuando define la energía de la siguiente manera: "la energía para mí son impulsos de fuerza también se puede hallar por movimiento" y sobre los impulsos de fuerza dice: "es como un movimiento". No queda muy claro el tipo de relación ni las diferencias que concibe entre energía y fuerza, lo que si se puede interpretar de sus palabras es que ambos conceptos los relaciona con el movimiento. Además el concepto trabajo también lo relaciona con movimiento como lo expresa: "(...) el trabajo se hace mediante movimiento y fuerza (...)" también afirma: "El trabajo se realiza mediante la energía y la fuerza". A pesar de no definir el concepto trabajo, deja ver una noción en la cual le encuentra mucha relación con energía y fuerza, esa estrecha relación hace que no tenga clara las diferencias que hay entre estos tres conceptos que intenta explicar en términos de movimiento. Podría entonces asumirse que la noción que este caso tiene de trabajo se ubica en las categorías A, B y E correspondientes con los modelos M1, M2 y M5 respectivamente.

C<sub>2</sub> intenta definir la energía en términos de movimiento de igual modo ocurre con el concepto trabajo como se puede apreciar en las siguientes expresiones: "Para mí la energía es todo aquello que tiene como una especie de movimiento (...)", "(...) para mí el trabajo es como un movimiento, pues es

como si voy a hacer alguna clase de trabajo al hacer ese trabajo se emplea movimiento".

En el análisis al cuestionario de indagación para este caso se encontró que concibe el trabajo como una actividad, pero en esta entrevista se aclara que cuando habla de trabajo como una actividad lo hace refiriéndose al trabajo científico y no al concepto trabajo como tal, esto se aprecia en la siguiente respuesta dada cuando se le pregunta al respecto: "Esa actividad sería como constantes definiciones como por ejemplo al hacer un experimento científico se hace, se expresa algo entonces todo eso son como formas de actividad". De las respuestas dadas se puede interpretar que este caso asume el trabajo como movimiento y considera que los conceptos trabajo, fuerza y energía son diferentes pero admite que están muy relacionados. De lo anterior se asume que este caso se ubica en la categoría E correspondiente al modelo M5.

Para C3 a partir de de las definiciones que propone para energía fuerza y trabajo: "La energía es algo que se produce mediante movimiento o choques eléctricos", "La fuerza es una acción que se produce mediante energía (...)", "El trabajo es una acción que se produce mediante la fuerza, ejerciendo fuerza" y con respecto a las diferencias entre los tres conceptos "Yo solo veo como una diferencia que es que por ejemplo la fuerza es mas avanzada que energía que la fuerza ya sería como bastante energía acumulada y el trabajo ya también como una acumulación de fuerza".. Se evidencia en ellas una cadena de relaciones de causa efecto de la siguiente manera: El movimiento produce energía, la energía acumulada produce fuerza y la fuerza acumulada produce trabajo. En su intento de explicar los conceptos lo hace en términos de movimiento.

La relación que establece entre los conceptos trabajo, fuerza y energía los hace ver tan ligados que le es difícil encontrar diferencias entre ellos, de

este modo al definir el concepto trabajo lo hace de la siguiente manera: "Trabajo es movimiento y fuerza". En el cuestionario de indagación el esfuerzo es una de las categorías en las cuales se ubica, en este instrumento define el esfuerzo como sigue: "El esfuerzo es como un exceso de fuerza". A partir de esta idea se puede descartar el esfuerzo de las categorías en las cuales se ubica porque estaría incluido en la categoría fuerza. En consecuencia este caso se ubica en las categorías A y E correspondientes con los modelos M1 y M5 respectivamente.

C4 considera la fuerza como movimiento: "Creo que la fuerza es un movimiento o algo aplicado que se le da a un objeto para desplazarlo" y en la noción que tiene de energía admite una relación entre ésta y la fuerza como se puede apreciar en la definición que da de energía: "Es un medio que nos sirve para estabilizar y dar una fuerza al cuerpo". Con respecto al concepto trabajo dice: "Lo definiría como una fuerza o energía aplicada en un cuerpo que cuesta ponerlo en movimiento", en la última parte de su definición se refiere al esfuerzo el cual considera como "Algo que nos da dificultad hacer ", pero al preguntarle si encuentra diferencia entre fuerza y esfuerzo responde que no; de este modo el esfuerzo quedaría incluido dentro de la categoría fuerza

Es evidente también en el caso cuatro como se trata de explicar los fenómenos en términos de movimiento, cada uno de los conceptos tiene relación con éste, además cuando se le pregunta si considera que hay diferencias entre los conceptos trabajo, fuerza y energía, responde: "No creo que hayan diferencias porque todas se resumen en el cuerpo de igual manera" afirma también: "Para yo hacer un trabajo necesito fuerza y para la fuerza se necesita energía". Se podría entonces descartar la categoría movimiento dentro de las categorías en las cuales se ubica este caso puesto que quedaría incluida en la categoría fuerza.

En el cuestionario de indagación dentro de las opciones que se dieron eligió un modo de transferir energía como la opción mas apropiada para definir trabajo, en esta ocasión se le pregunta sobre esta elección y responde: " Si porque cuando hacemos un trabajo y este tiene algún movimiento o alguna reacción le tenemos que transferir un modo de energía para que el tenga una reacción" Se interpreta de aquí que admite la transmisión de energía, pero como aún no tiene muy claro las diferencias entre los conceptos fuerza y energía, este caso se ubicaría en tres categorías A, B y D correspondientes con los modelos M1, M2 y M4.

C5 considera que los conceptos trabajo, fuerza y energía están muy relacionados, esto lo expresa cuando afirma: "Las relaciones es que tanto como la energía, la fuerza y el trabajo es que las necesitamos siempre porque la energía que nosotros tenemos nos ayuda a darnos fuerza cuando hacemos algún trabajo como levantar algo muy pesado y trasladarnos de un lado a otro lado", también admite que hay diferencias entre ellos aunque no las expresa de manera clara. Sobre el concepto trabajo expresa: "Es cuando uno ejercita todo el cuerpo y se mantiene en movimiento constantemente".

En el cuestionario de indagación la palabra que eligió como la mas adecuada para definir el trabajo fue movimiento, cuando se le pregunta que si aún piensa igual contesta lo siguiente: "Si porque el trabajo que uno hace necesita el movimiento como el trabajo del humano, para yo poder caminar necesito moverme". También en el cuestionario de indagación se le pregunta sobre una situación a la cual responde: "en este caso el trabajo es cuando la mujer comienza a hacer fuerza (...)" con el fin de precisar mas, se le pregunta que si se podría interpretar de su respuesta que el trabajo es una fuerza o que si realmente quería expresar otra idea, a lo cual responde: "Si es la fuerza que la mujer hace al sacar el agua (...)". De este modo la noción que este caso tiene sobre trabajo está muy relacionada con fuerza y movimiento. De lo

anterior este caso se ubica en las categorías A y E correspondientes con los modelos M1 y M5.

### 8.3 Conversatorio

En este instrumento se introduce el concepto de vis viva y su relación con la caída libre con el fin de ir insinuando las relaciones que se establecen entre los conceptos trabajo y energía a partir del análisis fenomenológico de la caída libre. En la aplicación del instrumento se encontró lo siguiente:

C<sub>1</sub> establece una relación directa entre velocidad de caída y la altura desde la cual cae el cuerpo, cuando se le plantea la situación de una masa que se deja caer desde una altura  $h$  y posteriormente la misma masa cayendo desde una altura  $2h$  responde: "la velocidad de caída será doble a su primera caída". Esa relación establecida permitirá mas adelante relacionar la altura con la energía cinética del cuerpo que cae.

En esta ocasión la definición que propone para el concepto trabajo es la siguiente: " El trabajo es un movimiento que se ejerce mediante la fuerza de acuerdo a peso y altura" lo dice explícitamente trabajo es un movimiento; esto permite descartar las categorías fuerza y energía dentro de las categorías en las que se ubicaba su noción, por otra parte introduce en la definición la altura, esto representa una ventaja porque relacionando ésta con la caída libre se puede introducir la relación entre trabajo y energía. En esta ocasión la categoría en la que se ubica es E que corresponde con el modelo explicativo M5.

C<sub>2</sub> Relaciona la vis viva (energía cinética) con la caída libre por el movimiento que adquiere el cuerpo " Al caer un cuerpo no importa la altura va a tener movimiento, entonces se va a relacionar con la vis viva. Asume como válido el principio de transmisión del movimiento esto se aprecia cuando afirma

"Si uno tiene un movimiento arrastra otro se pierde un poco del que emplea su ayuda por la fuerza que le emplea", el aceptar la validez de este principio y al comprender que el movimiento se relaciona con la vis viva, se espera que posteriormente también considere como válido el principio de transmisión de la energía, el cual guarda mucha relación con el concepto trabajo.

Para definir el trabajo utiliza las siguientes palabras: "(...) creo el trabajo es el constante movimiento que se le emplea a un cuerpo (...)", su noción sobre trabajo continua siendo la de movimiento, categoría E correspondiente con M5. Esta categoría ofrece una ventaja en la construcción del concepto porque permite relacionarlo con la energía cinética.

C<sub>3</sub> Considera que cuando el cuerpo cae libremente adquiere vis viva la cual transmite al otro cuerpo cuando lo golpea "al caer libremente pasa del reposo al movimiento hasta ser detenido por algo entonces ahí estaría la relación de que se transmite de un cuerpo a otro", podría interpretarse que el caso asume que cuando la masa cae y golpea la estaca le transmite la vis viva adquirida durante la caída, a partir de esta idea es posible introducir la transmisión de la energía en la definición del concepto trabajo.

Este caso define el trabajo de la siguiente manera:" Con este concepto definiría como un elemento ejercido con fuerza y la fuerza ejercida de acuerdo al peso y siempre ejerciendo hacia arriba". Su definición es imprecisa, sin embargo lo que si queda claro es que el caso considera que se requiere de la fuerza para que haya trabajo, se asume a partir de lo anterior que este caso se ubica en la categoría A correspondiente con el modelo explicativo M1.

C<sub>4</sub> en esta ocasión no da una definición de trabajo que permita interpretar como asume éste. Cuando se le pregunta por la relación que encuentra entre la lectura y los experimentos mentales responde:" En la energía que se necesita para que sea suministrado el movimiento", se vislumbra aquí una vaga idea de la transmisión de la energía relacionada con el

movimiento ya sea de la masa o de la estaca. Lo que si se puede interpretar claramente es que concibe la transmisión de la fuerza como se puede apreciar en sus palabras " Creo que cuando se genera el movimiento para dar otro movimiento es que creo que pierde fuerza para que la materia lo tome". Ambas ideas son de utilidad en la construcción del concepto.

C<sub>5</sub> Acepta la idea de la transmisión de movimiento como lo expresa en las siguientes palabras " Yo pienso que si es verdad que un cuerpo pone en movimiento a otro entonces pierde tanto movimiento suyo" , además relaciona la velocidad de caída de un cuerpo con el impacto que éste produce sobre otro, esto se aprecia en la siguiente expresión: "En si yo estoy en un edificio y abajo hay otra persona y yo le tiro un objeto pesado, la persona de abajo va a recibir un fuerte golpe porque la velocidad del cuerpo va muy rápido"

Relaciona el trabajo con el levantamiento de pesos pero no define el concepto y cuando lo usa en sus argumentos se deja ver su noción de trabajo como esfuerzo, categoría F correspondiente con el modelo explicativo M6; lo anterior se puede interpretar de la siguiente afirmación: "si porque yo le hago movimiento a algo pesado como una mesa pesada que me debilito por el trabajo que tengo que hacer al llevar la mesa a otro lado", como ya se dijo anteriormente esta concepción corresponde al uso que se le da en el ámbito cotidiano; sin embargo se pretende que en el proceso de construcción del concepto comprenda el uso que se le da en el ámbito científico.

#### **8.4 Instrumento de conceptualización 1**

En este instrumento se inicia la formalización del concepto trabajo mediante el uso del plano inclinado como máquina simple para reflexionar sobre el comportamiento del peso de un cuerpo bien sea en reposo o deslizándose sobre el plano y relacionar el concepto trabajo con las

componentes del peso en las direcciones perpendicular y paralela al movimiento. La aplicación de este instrumento suministra la siguiente información:

Ninguno de los casos explica el equilibrio en términos de una fuerza resultante o como resultado de fuerzas que se anulan; los casos uno y dos a pesar de que en el diagrama de cuerpo libre representan fuerzas actuando sobre la masa argumentan que el equilibrio se debe a la ausencia de fuerzas como se muestra en las siguientes expresiones: C<sub>1</sub>"La masa se encuentra en reposo porque no se le está aplicando una fuerza", C<sub>2</sub> "se encuentra en reposo porque no se le está aplicando ninguna clase de fuerza"

Con respecto al trabajo realizado por las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en reposo cada caso dice:

C<sub>1</sub> "No porque el cuerpo está en reposo" , C<sub>2</sub> "No hay trabajo porque no hay ninguna clase de fuerza que se le emplea a la masa", "no existe ninguna clase de trabajo ya que la masa está en reposo y para que haya trabajo tiene que haber movimiento" , C<sub>3</sub> "(...) al ejercer fuerzas se entra a ejercer también un trabajo", C<sub>4</sub> "Si porque ejercen un peso", C<sub>5</sub> "si porque la mantienen en equilibrio ". Los casos tres, cuatro y cinco consideran que las fuerzas aplicadas sobre un cuerpo en reposo realizan trabajo, pero mas adelante se contradicen cuando se les pregunta por las condiciones necesarias para que una fuerza realice trabajo.

Todos los casos consideran que una condición necesaria para que una fuerza realice trabajo es que debe haber movimiento y lo expresan de la siguiente manera: C<sub>1</sub> " una de las condiciones es que haya movimiento", C<sub>2</sub> "Las condiciones que se deben cumplir para que una fuerza realice trabajo es que el cuerpo o masa no estén en reposo, es decir que esté en movimiento", C<sub>3</sub> "las condiciones para que una fuerza realice trabajo es que haya movimiento" , C<sub>4</sub> "creo que las condiciones que se deben cumplir es que la

masa, la fuerza le permita el movimiento", C<sub>5</sub> "las condiciones que se deben cumplir son que la masa esté en movimiento y que la fuerza resultante sea el que de el trabajo a la masa". Posteriormente se puede analizar si ésta es una condición suficiente para que haya trabajo por ahora el movimiento permite relacionar el trabajo con la energía cinética lo cual es una gran ventaja.

Con respecto al concepto trabajo en esta ocasión se tienen las siguientes afirmaciones que cada uno de ellos hace: C<sub>1</sub> "El trabajo es un movimiento que requiere de la fuerza", C<sub>2</sub>: "lo definiría como un cuerpo que al aplicarle una fuerza está haciendo un movimiento y al tener estas dos se está realizando trabajo", C<sub>3</sub> "el trabajo es una serie de movimientos con fuerzas", C<sub>4</sub> "trabajo yo lo defino como dar una fuerza o energía que le dificulte hacer un movimiento velocidad o altura", C<sub>5</sub> " Trabajo es lo que una fuerza le da a otra cosa como por ejemplo si una mesa cargara un televisor grande o si uno tirara una piedra de 30 kilos sobre un carro se aplasta ahí el trabajo es que la piedra se encarga de aplastar el carro".

C<sub>1</sub> y C<sub>3</sub> claramente definen el trabajo como movimiento ubicándose en la categoría E en correspondencia con M5; C<sub>2</sub> por su parte no lo define de manera precisa pero la noción que tiene del concepto está relacionada con fuerza y movimiento, categorías A y E en correspondencia con los modelos M1 y M5 respectivamente; la definición que propone C<sub>4</sub> no es muy clara pero da cabida para abordar la transferencia de fuerza o de energía, que es hacia donde se dirige la construcción del concepto, sin embargo no se considera apropiado ubicarla en una de las categorías establecidas, C<sub>5</sub> tampoco da una definición precisa, pero se puede interpretar de sus palabras que su noción sobre el concepto se relaciona con algo que se transmite cuando se aplica una fuerza sobre un cuerpo, tampoco se considera apropiado ubicar este caso en una de las categorías establecidas con anterioridad.

## 8.5 Instrumento de conceptualización 2

En este instrumento se define el concepto trabajo a partir de la utilización de las máquinas en el levantamiento de pesos y la caída libre como prototipo de cuantificación de la energía cinética, reflexionando sobre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en equilibrio o en movimiento y estableciendo relaciones entre los conceptos trabajo energía cinética y energía potencial. La aplicación de este instrumento produjo los siguientes hallazgos:

C1, C3, y C4 asumen que toda fuerza aplicada a un cuerpo realiza trabajo independientemente de si ella contribuye o no al movimiento del cuerpo; C2 no presenta claridad con respecto a este asunto mientras que C5 manifiesta que si las fuerzas se anulan no realizan trabajo y que las fuerzas que contribuyen al movimiento del cuerpo son las que realizan trabajo.

Con respecto al concepto trabajo a partir de los mapas conceptuales propuestos por cada uno de los casos se puede interpretar para cada uno de ellos como comprende el concepto o cual es la noción que sobre éste tiene. Se presenta en las siguientes líneas la interpretación hecha sobre el concepto para cada caso y las categorías en las cuales se ubica con sus respectivos modelos:

C1: Trabajo es una transferencia de energía mecánica, concepción que se relaciona con la categoría C que corresponde con el modelo explicativo M3.

C2: Trabajo es un proceso de transferencia de energía mecánica, se relaciona con la categoría D y el modelo explicativo M4.

C3: Trabajo es un movimiento o desplazamiento ejercido con fuerza concepción ubicada en la categoría E correspondiente con M5.

C4: Trabajo es un movimiento que implica transferencia, concepción relacionada con la categoría E que corresponde con el modelo explicativo M5.

C5: Trabajo es movimiento que da una fuerza concepción relacionada con la categoría E y el modelo M5. Trabajo es energía potencial que da transformación a la energía cinética, concepción ubicada en la categoría B correspondiente con el modelo M2.

Los resultados obtenidos al aplicar este instrumento muestran la necesidad de profundizar las reflexiones sobre las condiciones necesarias para que una fuerza realice trabajo, se requiere precisar mas el concepto y ejemplificar mejor el hecho de que una fuerza perpendicular a la dirección del movimiento no realiza trabajo.

## **8.6 Instrumento de aplicación**

Con este instrumento se pretende analizar para cada caso como comprende el concepto trabajo después de las intervenciones hechas, para ello se presentan diferentes definiciones cada una de ellas ubicada en una de las siguientes categorías A, B, D y E para que se elija la opción que considere mas apropiada para definir el concepto. También se analiza la comprensión de las condiciones necesarias para que una fuerza realice trabajo. Los hallazgos obtenidos son los siguientes:

C1 Considera que una fuerza realiza trabajo si ella aporta al movimiento del cuerpo y para que esto se dé, la fuerza debe actuar en la dirección del movimiento, por eso las fuerzas que se anulan no realizan trabajo.

C2, C3, C4 y C5 aún presentan poca claridad acerca de las fuerzas paralelas y perpendiculares al movimiento y consideran que toda fuerza aplicada a un cuerpo realiza trabajo sin importar la dirección en la que ella se aplique.

C1 y C3 consideran que el movimiento es una condición necesaria para que una fuerza realice trabajo.

C1, C2, C4, y C5 eligieron como mejor opción para definir el concepto trabajo, la que corresponde con la categoría D y el modelo explicativo M4, mientras que C3 eligió la opción que corresponde con la categoría E y modelo M5.

A partir de los hallazgos proporcionados por este instrumento se identifica la necesidad de reflexionar sobre la definición elegida para el concepto y lo que ella implica en cuanto a las condiciones necesarias para que una fuerza realice trabajo, además analizar situaciones en donde se presenten fuerzas que no realicen trabajo.

### **8.7 Correspondencia por modelos a través de todos los instrumentos.**

Se presenta a continuación una matriz donde se relacionan cada caso con las categorías en las cuales se inscribe su concepción de trabajo a través de cada instrumento y su correspondencia con los modelos explicativos. La información así organizada posibilita otro tipo de reflexiones y análisis útiles en la construcción de propuestas de enseñanza alternativas. Cada instrumento se identifica como sigue:

<b>I<sub>1</sub></b>	<b>INSTRUMENTO DE INDAGACIÓN</b>
<b>I<sub>2</sub></b>	<b>ENTREVISTA</b>
<b>I<sub>3</sub></b>	<b>CONVERSATORIO</b>
<b>I<sub>4</sub></b>	<b>INSTRUMENTO DE CONCEPTUALIZACIÓN 1</b>
<b>I<sub>5</sub></b>	<b>INSTRUMENTO DE CONCEPTUALIZACIÓN 2</b>
<b>I<sub>6</sub></b>	<b>INSTRUMENTO DE APLICACIÓN</b>

**Matriz De Correspondencia Por Modelos A Través De Todos Los Instrumentos Para Cada Caso**

I	C <sub>1</sub>						C <sub>2</sub>					
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>
I <sub>1</sub>					E	F					E	FG
I <sub>2</sub>	A	B			E						E	
I <sub>3</sub>					E						E	
I <sub>4</sub>					E		A				E	
I <sub>5</sub>			C								D	
I <sub>6</sub>				D							D	

I	C <sub>3</sub>						C <sub>4</sub>						C <sub>5</sub>					
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>
I <sub>1</sub>	A					F	A			D	E	F					E	FG
I <sub>2</sub>	A				E		A	B		D			A				E	
I <sub>3</sub>	A																	F
I <sub>4</sub>					E													
I <sub>5</sub>					E						E			B			E	
I <sub>6</sub>					E					D						D		

Todos los casos inicialmente se ubican en varias categorías a la vez, pero a medida que se va interviniendo van abandonando algunas de ellas y se van ubicando en una sola. La categoría F (esfuerzo) se encuentra en todos los casos para el instrumento de indagación I<sub>1</sub> pero es abandonada rápidamente como se puede apreciar en la matriz para los siguientes instrumentos, con excepción de C<sub>5</sub> que en I<sub>3</sub> nuevamente se ubica en dicha categoría. Lo anterior muestra que los casos no tienen idea de la significación que se le da al concepto en el ámbito científico y por lo tanto se refieren a éste con el significado que se le da en el ámbito de lo cotidiano.

En I<sub>2</sub> cada categoría A (fuerza) y E (movimiento) se presenta en cuatro de los casos y a través de los demás instrumentos van siendo abandonadas

por algunos, A sólo se mantiene hasta I<sub>4</sub> para C<sub>2</sub>, pero E persiste hasta I<sub>6</sub> para C<sub>3</sub>. Se puede apreciar como la noción que se tiene del concepto trabajo está asociada con los conceptos movimiento y fuerza, lo cual guarda concordancia con la expresión matemática dada por los textos para el concepto trabajo. Se debe pensar como sacar provecho de esa relación establecida en las nociones dadas por los casos.

E es la categoría que más se mantiene y la que se presenta con más frecuencia a través de todos los instrumentos y le sigue la categoría A, lo que representa una ventaja teniendo en cuenta que como se pretende llegar a la idea de que el trabajo involucra una transferencia de energía, los principios de transmisión del movimiento y de la fuerza pueden ayudar en la construcción del concepto, además tanto la fuerza como el movimiento son condiciones necesarias para referirse al concepto trabajo.

Se aprecia en la matriz como inicialmente las nociones que tienen los casos sobre trabajo poco tienen que ver con la energía pero en los instrumentos finales se va estableciendo la relación entre estos dos conceptos cuando se ubican en la categoría D donde el trabajo es un proceso de transferencia de energía logrado a partir de la aplicación de una fuerza en la dirección del movimiento, esta categoría corresponde con el modelo explicativo M4 que es la resignificación hecha a partir del análisis de la obra de Coriolis.

## **9. SECUENCIA DIDÁCTICA**

Teniendo en cuenta los análisis realizados en esta investigación se plantea una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto trabajo en la cual se hace uso de la historia y epistemología de las ciencias. Las actividades propuestas son producto de la reflexión constante sobre la formalización y recontextualización del concepto. Desde una perspectiva relativista del conocimiento y un enfoque sociocultural de las ciencias, se presenta la siguiente propuesta pensada para posibilitar la participación activa de los estudiantes a partir de diversas actividades como lo son la interpretación y análisis de información, conversatorios y discusiones en donde se expresan las ideas desarrolladas por los equipos de trabajo y la construcción del concepto mediante el análisis de la fenomenología asociada a éste.

### **9.1 Actividad de indagación**

La intención de estas actividades es la de identificar las ideas que poseen los estudiantes y los modelos explicativos que ellos emplean, información que será útil en el diseño o modificación de las actividades posteriores. La propuesta para actividad se presenta en el anexo A.

### **9.2 Actividades introductorias al concepto**

La intención de estas actividades es introducir los conceptos y fenómenos relacionados con el concepto trabajo así como el acercamiento al contexto en el que dicho concepto fue formalizado, generando reflexiones que contribuyan a la construcción y comprensión del concepto. En las actividades aquí presentadas se propone el trabajo en equipo, lecturas introductorias,

experimentos mentales y un conversatorio que recoja las reflexiones hechas en cada grupo a partir de las preguntas planteadas. Ver anexos B y C

### **9.3 Actividades de conceptualización**

Su finalidad es establecer relaciones entre fenómenos y variables asociadas al concepto, en base a la resignificación y los procesos de formalización de éste. A partir del análisis de la obra de Coriolis se presentan lecturas y procedimientos de donde los estudiantes obtienen información que les permite incorporar nuevas ideas útiles para el establecimiento de modelos explicativos que se aproximen cada vez más a las explicaciones científicas, que en este caso corresponde con la resignificación hecha del clásico, estas actividades se pueden visualizar en los anexos D y E.

### **9.4 Actividades de aplicación**

A fin de identificar el grado de comprensión de los alumnos, se plantean situaciones que lleven a la reflexión y aplicación del concepto, a partir de estas actividades se pueden comparar los modelos explicativos de los estudiantes antes y después de la aplicación de la secuencia didáctica, determinar si es necesario realizar actividades de refuerzo y evaluar la pertinencia de la propuesta analizando los pro y los contra con el fin de introducir mejoras. Ver anexos E y F

## 10. CONCLUSIONES

La resignificación del concepto trabajo desde la perspectiva de Coriolis aportó elementos que posibilitaron realizar reflexiones sobre la fenomenología relacionada con dicho concepto, como lo son la caída libre y el uso de máquinas en el levantamiento de pesos, las cuales resultaron apropiadas para tener en cuenta en el diseño de la propuesta de enseñanza realizada en esta investigación, además del reconocimiento del contexto de producción en el proceso de recontextualización, puesto que allí se pudieron identificar metodologías que contribuyen a una mejor comprensión del concepto.

El análisis realizado a la obra de Coriolis desde la perspectiva relativista del conocimiento con una intencionalidad pedagógica hizo importantes contribuciones que orientaron la construcción del concepto trabajo, donde los estudiantes tuvieron una participación activa mediada por la recontextualización propuesta en esta investigación a partir de un enfoque histórico-epistemológico.

Las estrategias didácticas implementadas en esta investigación, las cuales se fundamentaron en la reflexión histórico-epistemológica y la cosmovisión fenomenológica de las ciencias, permitió mostrar que la construcción del concepto trabajo tiene un devenir histórico en el cual interviene una comunidad científica influenciada por acontecimientos, creencias e ideologías propias de una época particular; de este modo se muestra la ciencia como una construcción social que depende de los contextos de producción y la cual no es estática sino que por el contrario es repensada constantemente

## BIBLIOGRAFÍA

### Textos

- **Coriolis**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Du calcul de L'effet des machines, ou considérations sur L'emploi des moteurs et sur leur évaluation, pour servir D'introduction L'étude spéciale des machines, Paris, 1829.
- Kunh Thomas S, La Tensión Esencial, Fondo De La Cultura Económica, España, primera edición 1982.
- Stake, RE. Investigación con estudio de casos, Morata.  
Paruelo, Jorge, Enseñanza de las Ciencias y filosofía, Enseñanza de las Ciencias Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 1994 Vol: 12 Núm.: 2, 1994 Vol. 12 Núm. 2.

### Artículos

- M.R. Matthews, Historia, Filosofía Y Enseñanza de Las Ciencias: La Aproximación Actual, Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 1994 Vol.: 12 Núm.: 2, 1994 Vol. 12 Núm. 2.
- Yehuda Elkana, "La Ciencia Como Sistema Cultural (Una Aproximación Antropológica)". en: boletín de la sociedad colombiana de epistemología vol. 3 No. 10-11 Bogotá.
- Wainmaier Cristina, Julia Salinas, Depto. de Ciencias y Tecnología. Universidad Nacional de Quilmes, Roque Sáenz Peña 180 - (1876) Bernal. E - Mail: cwainmaier@unq.edu.ar, Depto de Física. Facultad de Cs. Exactas y Tecnología. UNT, Mecánica Newtoniana: Dificultades De Estudiantes Universitarios.

- Machado Michinel, J.L. Y D'alessandro Martínez, A. Escuela de Física, Facultad de Ciencias, UCV, 47586 Caracas 1041-A. Cátedra de Fisiología, Escuela Luis Razetti, Facultad de Medicina, UCV. Departamento de Procesos Biológicos, USB. El Concepto De Energía En Los Libros De Textos: De Las Concepciones Previas A La Propuesta De Un Nuevo Sublenguaje.

## ANEXOS

### A. CUESTIONARIO DE INDAGACIÓN AL CONCEPTO TRABAJO

#### Objetivo

Identificar las ideas previas frente al concepto trabajo.

**Actividad:** La intención de este cuestionario no es la de evaluar tus conocimientos sobre el tema sino de que expreses tus ideas frente al concepto trabajo

1. De acuerdo con tus ideas como definirías los siguientes conceptos:
  - a) Fuerza:
  - b) Energía:
  - c) Trabajo:
2. ¿Consideras que hay diferencias entre los conceptos energía, fuerza y trabajo? ¿Cuáles serían esas diferencias?
3. Para cada una de las siguientes afirmaciones y teniendo en cuenta la situación planteada responde si la consideras falsa o verdadera y justifica tu respuesta.

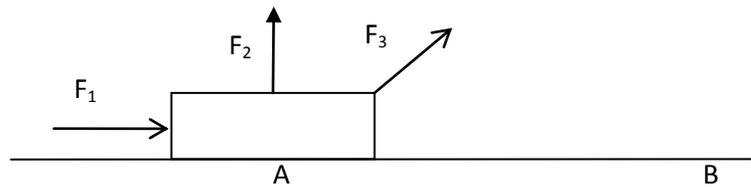
Un objeto cae desde una altura determinada y golpea a otro objeto que se encuentra en reposo sobre una superficie, a partir de esta situación se podría afirmar:

( ) El cuerpo que cae le transmite movimiento al cuerpo que esta en reposo.

( ) El cuerpo que cae le transmite fuerza al cuerpo que esta en reposo.

( ) El cuerpo que cae le transmite energía al cuerpo que esta en reposo

8. Tres personas aplican fuerzas  $F_1$ ,  $F_2$  y  $F_3$ , respectivamente sobre un pesado bloque para deslizarlo desde el punto A hasta el punto B de una superficie horizontal como muestra la figura.



¿Cuáles crees que son las fuerzas que contribuyen al desplazamiento horizontal del cuerpo? ¿Por qué?

¿Cuáles crees que son las fuerzas que realizan trabajo? ¿Por qué?

## B. ACTIVIDAD INTRODUCTORIA (PARTE UNO)

### Objetivo:

Establecer relaciones entre el concepto trabajo y otros conceptos o fenómenos físicos.

### Un poco de historia:

A finales del siglo XVII Leibniz (matemático y filósofo Alemán) propuso la denominación de vis viva para el producto  $mv^2$  donde  $m$  es la masa de un cuerpo y  $v$  su velocidad. La vis viva era muy importante en el estudio del movimiento de un cuerpo puesto que si había movimiento necesariamente había relación con la vis viva.

La vis viva fue considerada como una cantidad constante que se puede transmitir de un cuerpo a otro modificando el estado de movimiento del cuerpo que lo recibe.

**¿Cómo interpretas esta última afirmación sobre la vis viva?**

**Actividad:** En equipos de trabajo resuelve lo siguiente:

1. Un hombre se dispone a clavar una estaca en un terreno; se le ocurre que un buen método puede ser dejar caer una masa desde determinada altura sobre ella. Cuando deja caer un cuerpo de masa  $m$  desde una altura  $h$  sobre la estaca, observa que esta logra hundirse una longitud  $L$ , a partir de este hecho se le ocurre realizar la misma experiencia con un cuerpo cuya masa sea el doble de la masa del cuerpo anterior dejándola caer desde la

misma altura  $h$ . **¿Cuál crees sería el efecto con respecto al hundimiento de la estaca?**

**¿Qué relación encuentras entre el experimento planteado y la vis viva?**

- Una vez realizada la experiencia anterior decide ver que sucedería si dejase caer desde una altura  $h$  un cuerpo de masa  $m$  y posteriormente desde una altura  $2h$  dejase caer el mismo cuerpo de masa  $m$ .

**¿Qué crees que sucedería con la estaca en esta situación?**

**¿Cómo influye la altura de caída en la velocidad alcanzada por la masa cuando golpea la estaca?**

**¿La masa que cae sobre la estaca realiza algún tipo de trabajo?**

- De las ecuaciones de cinemática, para un cuerpo dejado caer desde el reposo se tiene:  $v_f^2 = v_o^2 + 2gh$

a) Determine la velocidad con la cual un cuerpo llega al piso si se deja caer desde una altura  $4h$ .

b) Utiliza la ecuación dada para obtener la expresión  $mv^2$  (cantidad denominada vis viva). Recuerda que  $g = \frac{P}{m}$

- ¿Cómo crees que se relaciona la vis viva con la caída libre y con la altura de caída del cuerpo?**

- El concepto trabajo en física es diferente al que se utiliza en el lenguaje cotidiano. **¿Con qué conceptos o fenómenos físicos crees que se relaciona el concepto trabajo en el ámbito de la física?**

## **C. ACTIVIDAD INTRODUCTORIA (PARTE DOS)**

### **Objetivos:**

- Acercar al estudiante al contexto de formalización del concepto trabajo.
- Introducir conceptos relacionados con el concepto trabajo.
- Socializar las respuestas dadas por cada equipo a las actividades introductorias mediante un conversatorio.

### **ORIGEN DEL CONCEPTO TRABAJO**

Durante la revolución industrial hubo un gran desarrollo económico que generó la necesidad de idear nuevos medios de transporte para las mercancías y construir máquinas con las que se optimizara la energía que se les suministraba, por tal razón esta época se caracterizó por un marcado interés en las máquinas dado que la fuerza motriz que ellas entregaban se usaba para levantar pesos o transportar cargas.

Los ingenieros de la época se interesaron en desarrollar una teoría sobre los efectos mecánicos de las máquinas, medir su eficacia y evaluar su rendimiento, para ello se recurre a la dinámica, la cual analizaba todos los fenómenos a partir de las fuerzas pues estas eran vistas como las causas de los cambios en el movimiento de un cuerpo, esto implicaba que todos los fenómenos estuvieran reducidos a movimiento y por lo tanto guardaban relación con la vis viva.

La caída libre fue utilizada como prototipo para cuantificar la vis viva que un cuerpo puede adquirir cuando se deja caer desde una altura determinada.

El interés por evaluar el efecto de las máquinas trajo consigo la producción de nuevos conocimientos y la introducción de nuevos conceptos que permitirían explicar muchos fenómenos, el concepto trabajo es uno de ellos, dicho concepto fue desarrollado por **Coriolis** (ingeniero y matemático Francés) en su estudio sobre la evaluación del efecto de las máquinas; efecto que era calculado teniendo en cuenta que la elevación de un peso es proporcional al peso elevado y a la rapidez del ascenso vertical.

**Coriolis** propone redefinir la vis viva como  $\frac{1}{2}mv^2$ , esta cantidad es la que actualmente se conoce como energía cinética y es un tipo de energía relacionado con el movimiento de un cuerpo.

**¿Consideras que la elevación de pesos tiene alguna relación con la vis viva?**

**¿Una máquina puede transmitir movimiento, fuerza o energía? Explica.**

**¿La masa que se deja caer desde cierta altura sobre una estaca puede transmitir movimiento, fuerza o energía a la estaca? Explica.**

**¿Cómo definirías el concepto trabajo ahora que tienes nueva información acerca de éste?**

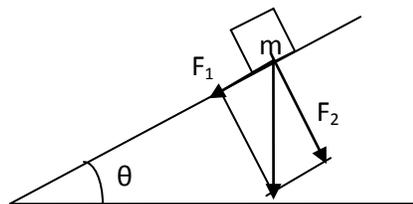
## D. INSTRUMENTO DE CONCEPTUALIZACIÓN 1

### Objetivos:

- Identificar las fuerzas presentes en un sistema masa - plano inclinado estableciendo relaciones entre las variables que intervienen en el equilibrio o movimiento de cuerpos sobre éste.
- Determinar las condiciones que se deben cumplir para que una fuerza realice trabajo

### Movimiento de masas sobre el plano inclinado

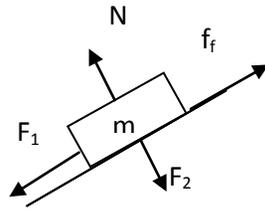
Cuando se pone una masa sobre un plano inclinado el peso del cuerpo actúa en dos direcciones,  $F_1$  es la componente del peso en la dirección paralela al plano y  $F_2$  es la componente del peso en la dirección perpendicular al plano como se muestra en la siguiente figura:



$$F_1 = mg \operatorname{sen} \theta$$

$$F_2 = mg \operatorname{cos} \theta$$

Las fuerzas que actúan sobre la masa cuando esta se mueve a lo largo del plano son las componentes del peso en las direcciones paralela y perpendicular al plano  $F_1$  y  $F_2$ , la normal ( $N$ ) y la fuerza de fricción ( $f_f$ ); luego el diagrama de cuerpo libre para la masa  $m$  cayendo por el plano queda como sigue:



En la dirección perpendicular al plano no hay desplazamiento porque  $F_2$  y  $N$  se anulan mutuamente, por lo tanto estas dos fuerzas no aportan en nada al movimiento del cuerpo sobre el plano. **¿Consideras que las fuerzas  $F_2$  y  $N$  realizan algún tipo de trabajo? ¿Por qué?**

Las fuerzas  $F_1$  y  $f_f$  actúan en la misma dirección del movimiento,  $F_1$  tiende a hacer deslizar el cuerpo a lo largo del plano mientras que  $f_f$  es una fuerza que se opone al movimiento. Para que la masa se deslice por el plano,  $F_1$  debe vencer la fuerza de fricción  $f_f$ . **¿Si la masa  $m$  se desliza por el plano las fuerzas  $F_1$  y  $f_f$  realizan algún tipo de trabajo? ¿Por qué?**

**¿Si por el contrario las fuerzas  $F_1$  y  $f_f$  se anularan mutuamente consideras que estas fuerzas realizan algún tipo de trabajo? ¿Por qué?**

### Levantamiento de pesos

Se dispone de una cuerda para levantar un cuerpo de masa  $m$  inicialmente en reposo hasta una altura  $h$ , el peso del cuerpo es una fuerza que opone resistencia al movimiento requerido, por lo tanto para lograr elevar la masa es necesario que la fuerza aplicada logre vencer el peso del cuerpo, en este caso si  $F$  es la fuerza que se aplica a la masa para levantarla entonces se debe cumplir que  $F$  sea mayor que el peso del cuerpo ( $F > mg$ ). Si se utiliza un plano inclinado para llevar la misma masa  $m$  hasta la altura  $h$  y si se considera además que no hay fuerzas de fricción entre la masa y el plano, la componente del peso en la dirección del plano es la fuerza que se debe vencer para lograr que la masa ascienda por éste. Dicha componente del peso está

dada por la expresión  $mg\sin\theta$  y ella apunta en sentido opuesto al desplazamiento requerido, como  $\theta$  es un ángulo que está entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$  grados entonces  $0 < \sin\theta < 1$  por lo tanto  $mg\sin\theta < mg$  esto significa que la fuerza que se debe vencer para lograr subir la masa a lo largo del plano hasta la altura  $h$  es menor que la fuerza que se debe vencer para elevar dicha masa hasta la altura  $h$  sin ayuda del plano; de este modo el plano inclinado es una maquina simple que ofrece una ventaja mecánica en el levantamiento de pesos.

**¿De que manera crees que se relaciona el trabajo con la energía cinética y el levantamiento de pesos?**

**¿Para una masa moviéndose sobre un plano inclinado, cuáles componentes de las fuerzas que actúan sobre la masa consideras que son las que producen el movimiento, las paralelas al plano o las perpendiculares al plano? ¿Por qué?**

**¿Cuáles crees que son las condiciones que se deben cumplir para que una fuerza realice trabajo?**

**¿Cómo definirías el concepto trabajo?**

## E. INSTRUMENTO DE CONCEPTUALIZACIÓN 2

### Objetivos

- Presentar el concepto trabajo a partir del levantamiento de pesos.
- Establecer relaciones entre trabajo y energía mecánica.

### Introducción

Un cuerpo en movimiento posee cierta cantidad de vis viva o en términos actuales energía cinética, la cual es una tipo de energía asociada a la velocidad del cuerpo.

Cuando una masa  $m$  se deja caer desde una altura  $h$  ésta adquiere una velocidad  $v$  y gana energía cinética cuyo valor es  $\frac{1}{2}mv^2$ , además de las ecuaciones de cinemática se tiene que  $v^2 = 2gh$  y al sustituir este valor en la expresión  $\frac{1}{2}mv^2$  se obtiene la expresión  $mgh$  que corresponde a otra forma de energía llamada energía potencial gravitacional y la cual está asociada a la posición del cuerpo.

La velocidad de la masa va aumentando a medida que el cuerpo cae, por lo tanto su energía cinética también aumenta, pero la altura a la que se encuentra la masa disminuye con la caída y como consecuencia su energía potencial también disminuye. Se define la energía mecánica como la suma de la energía cinética con la energía potencial  $E_m = E_k + E_p$

Se sabe además que las fuerzas pueden producir cambios en el movimiento de un cuerpo o sea que pueden modificar la velocidad del cuerpo ya sea en magnitud o en dirección y con ello se produce también un cambio en la energía del cuerpo, ese cambio obedece a una transferencia de energía. Por lo general estas transferencias de energía implican transformaciones de energía de un tipo a otro.

**¿Consideras posible la transformación de la energía de un tipo a otro? Ejemplifica.**

**Cita un ejemplo donde se realice transferencia de energía**

## Trabajo realizado por el peso de un cuerpo y energía mecánica.

El uso de la fuerza motriz para levantar pesos o transportar cargas generó en el hombre un marcado interés por las máquinas, dado que transmiten la fuerza aplicada sobre ellas a otros cuerpos. Ante la necesidad de un método que permitiera evaluar la eficacia de las máquinas se desarrolla el concepto trabajo, denotado  $W$ , este concepto se relaciona con un método para evaluar el efecto de la máquina en el que se considera la altura hasta la cual ella levanta un peso con un suministro de energía dado.

Si se considera una máquina ideal, donde las fuerzas de fricción no tienen lugar, la medida del trabajo realizado por la máquina sobre el cuerpo está dado por la variación en la energía potencial del cuerpo, esto es:  $W = mgh_1 - mgh_2$  luego  $W = mg(h_1 - h_2)$  expresión que es válida cuando la fuerza aplicada es el peso y el movimiento es vertical. **Una expresión más general para el trabajo realizado por una fuerza es  $W = Fd$  donde  $F$  es la componente de la fuerza aplicada en la dirección del movimiento y  $d$  es el desplazamiento del cuerpo.**

Considere un cuerpo en reposo que está sobre el suelo, si se dispone de una máquina ideal para levantar el cuerpo hasta una altura  $h$ , la máquina le transfiere energía al cuerpo, nótese que el cuerpo pasa de  $E_m = 0$  a  $E_m = mgh$ , por lo tanto la medida del trabajo realizado por la máquina sobre el cuerpo es:  $W = -mgh$  donde el signo menos indica que la máquina disminuyó su energía en esa cantidad, mientras que el cuerpo aumentó su energía en la misma cantidad.

Cuando se levanta un cuerpo, el peso es la fuerza que ofrece resistencia al movimiento requerido, por lo tanto para lograr un desplazamiento vertical es necesario que la fuerza aplicada por la máquina logre vencer la resistencia generada por el peso. De todo lo anterior tenemos que **el trabajo depende de la fuerza aplicada en la dirección del movimiento y del cambio de posición de dicho cuerpo.**

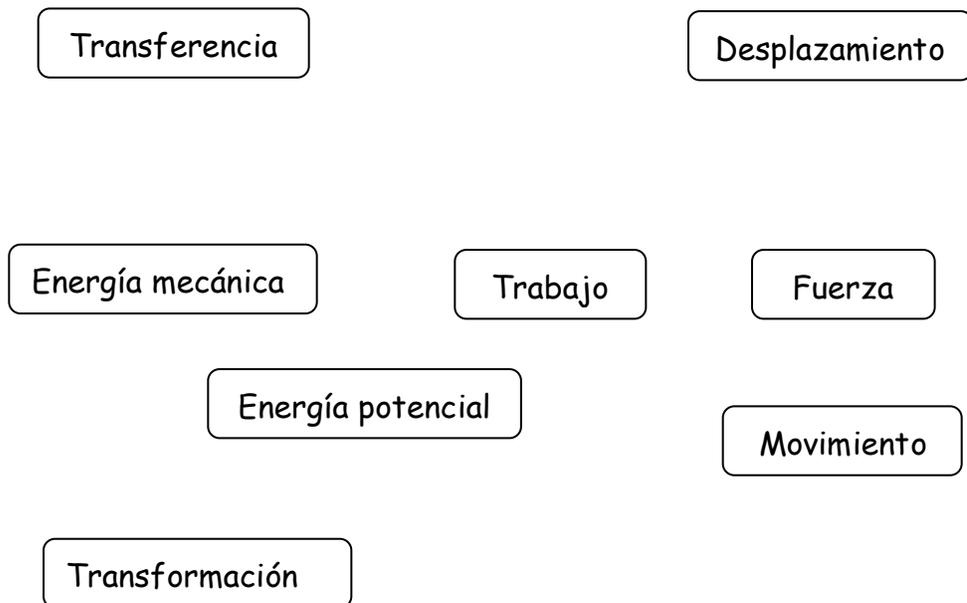
Si desde una altura  $h$  un cuerpo cae por efecto de su peso, la velocidad con la cual llega al suelo es  $v = \sqrt{2gh}$  y el trabajo realizado por el peso del cuerpo es:  $W = mgh$  al despejar  $h$  de la expresión dada para la velocidad y reemplazándola en la expresión para el trabajo se obtiene:  $W = \frac{1}{2}mv^2$

Nótese que la energía mecánica del cuerpo antes de empezar a caer era  $E_m = ngh$  ósea que en dicha posición toda la energía mecánica es energía potencial, mientras que la energía mecánica del cuerpo al final del recorrido es  $E_m = \frac{1}{2}mv^2$  la cual corresponde a la energía cinética adquirida por el cuerpo en su recorrido. Lo anterior supone que durante el recorrido hubo una transformación de energía potencial en energía cinética lograda por la acción del peso durante el desplazamiento vertical.

Si se aprovecha la caída del cuerpo de tal manera que éste al caer golpee una estaca para hundirla en el piso y si se considera el choque completamente elástico, el trabajo realizado por el peso del cuerpo durante la caída da la medida de la energía que el cuerpo le transfiere a la estaca.

### 5. Actividad

A partir de la siguiente figura realiza un mapa conceptual sobre el concepto trabajo agregando los conectores y las palabras de enlace que consideres apropiadas para tal fin.



## F. INSTRUMENTO DE APLICACIÓN 1

### Objetivos

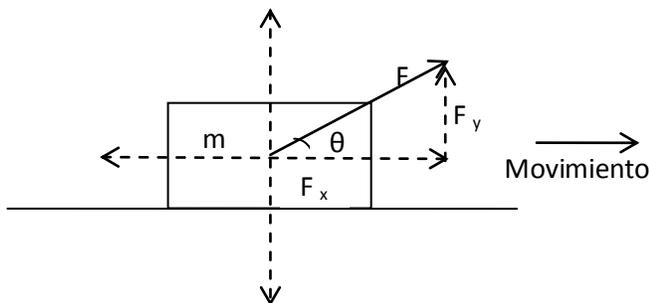
- Identificar las condiciones necesarias para que una fuerza realice trabajo.
- Analizar la comprensión del concepto trabajo.

9. Reflexiona sobre las siguientes afirmaciones y coloca al frente de cada una F o V según la consideres falsa o verdadera. Justifica tu respuesta

- ( ) Las fuerzas que se anulan mutuamente realizan trabajo
- ( ) Las fuerzas perpendiculares a la dirección del movimiento realizan trabajo
- ( ) Para que una fuerza realice trabajo ella debe actuar en la misma dirección del movimiento y debe además vencer las fuerzas resistentes que se oponen a dicho movimiento
- ( ) Las fuerzas que actúan en la misma dirección del movimiento realizan trabajo aunque ellas no logren que el cuerpo se desplace.

10. Para cada una de las preguntas selecciona la opción que consideres correcta.

Se arrastra un cuerpo sobre una superficie horizontal aplicando una fuerza que forma un ángulo  $\theta$  con la superficie como indica la figura.



c) La componente de la fuerza que realiza trabajo es:

La componente que va en la dirección del movimiento.

La componente perpendicular a la dirección del movimiento.

d) Otra fuerza que actúa sobre el cuerpo es el peso de éste, respecto a dicha fuerza se puede decir:

El peso del cuerpo realiza trabajo

El peso del cuerpo no contribuye al movimiento de éste

11. Selecciona la opción que consideres más acertada para definir el concepto trabajo.

e) Es la fuerza que se debe aplicar para desplazar un cuerpo a lo largo de una trayectoria.

f) Es el movimiento de un cuerpo en la dirección de una fuerza aplicada.

g) Es un proceso de transferencia de energía que se logra cuando al aplicar una fuerza sobre un cuerpo se produce un desplazamiento en la dirección de la fuerza aplicada.

h) Es una forma de energía relacionada con el movimiento de un cuerpo.

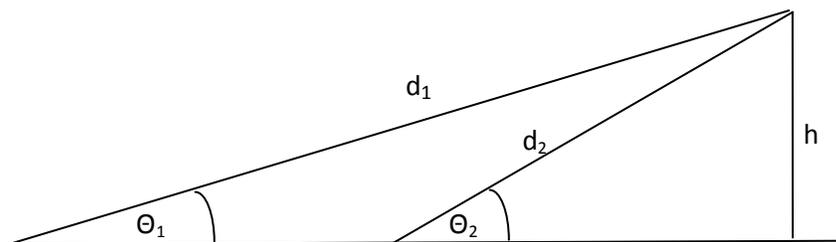
## G. INSTRUMENTO DE APLICACIÓN 2

### OBJETIVOS

- Resolver situaciones relacionadas con el concepto trabajo.
- Aplicar las relaciones establecidas entre trabajo, energía cinética y energía potencial.

### Actividad

1. Un campesino requiere subir una carga de (120Kg) de café hasta el punto de secado que se encuentra a una altura  $h$ . Buscando una estrategia que le facilite transportar la carga encuentra en el desván dos tablas de longitudes  $d_1$  y  $d_2$  respectivamente, con cada una de ellas puede hacer una rampa que le permite llevar la carga hasta el sitio de secado. Ver Figura



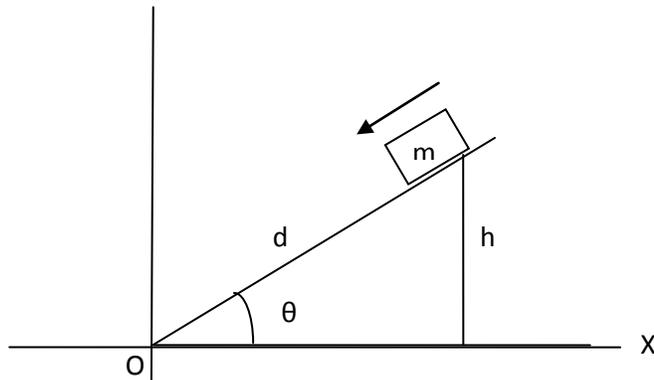
$$\theta_1=30^\circ \quad \theta_2=43,79^\circ \quad d_1=6,92\text{m} \quad d_2=5\text{m} \quad h=3,46\text{m}$$

Con los anteriores datos y suponiendo que no hay fricción entre las tablas y la carga resuelve lo siguiente:

- Calcula la fuerza que se requiere aplicar para subir la carga utilizando la tabla de 5m
- Calcula la fuerza que se requiere aplicar para subir la carga utilizando la tabla de 6,92m
- ¿Con cuál de las dos tablas se requiere aplicar una menor fuerza?

- d) ¿Cuál es valor del trabajo realizado por cada una de las fuerzas que se debe aplicar?
- e) ¿Qué puedes decir con respecto al trabajo realizado por cada una de las fuerzas?

2. Considera el plano inclinado sin fricción y el sistema de referencia que se muestra en la siguiente figura:



Desde una altura  $h$  una masa  $m$  inicialmente en reposo desciende a lo largo de un plano inclinado de longitud  $d$ . Cuando la masa baja por el plano, su velocidad va aumentando y su altura va disminuyendo de tal forma que cuando llega al extremo inferior del plano su altura es cero y su velocidad final es  $v$ .

- a) ¿Cómo varían la energía cinética y la energía potencial de la masa a medida que ella desciende por el plano?
- b) Encuentra la energía mecánica del cuerpo cuando esta en la parte superior del plano a partir de los siguientes datos :

$$h = 1.5 \text{ m}$$

$$d = 3 \text{ m}$$

$$m = 0.5 \text{ kg}$$

- c) Calcula el valor del trabajo realizado por la componente del peso en la dirección del movimiento cuando el cuerpo llega a la parte inferior del plano.

d) Compara los valores obtenidos para la energía mecánica y el trabajo.  
¿Qué puedes concluir al respecto?

3. Si la masa de 10kg en vez de hacerla deslizar a lo largo del plano, se deja caer desde la misma altura (2m) Cuáles serian los valores para:

a) La energía mecánica del cuerpo cuando llega al suelo.

b) El trabajo realizado por el peso cuando el cuerpo llega al suelo.

c) Qué diferencias encuentras entre los valores obtenidos para la energía mecánica y el trabajo.

4. Compara los numerales 2 y 3 analizando diferencias y similitudes y saca una conclusión.