

Reconocimiento y diferenciación de las estrategias de análisis al conceptualizar el tensor de esfuerzos en maestros en formación



Wilman García Álvarez¹, Alejandro Sánchez Yalí¹, Óscar Meneses Cardona¹,
Marco Julio Cañas Campillo¹

¹Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, Carrera 3 No.26 A - 40, Medellín, Colombia.

E-mail: wilman.garcia@gmail.com

(Recibido el 5 Octubre de 2009; aceptado el 31 de Diciembre de 2009)

Resumen

Este artículo presenta el análisis y los resultados de la información obtenida en una investigación realizada en la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, en el espacio de conceptualización de Física de los Medios Continuos, cuyo objetivo es analizar en los maestros en formación, la incidencia de la aplicación del enfoque de Guidoni, en el reconocimiento y diferenciación de las perspectivas con las que se describen y explican los fenómenos, conceptualizando la noción de esfuerzo, a través de las estrategias de análisis, planteadas por este autor. Se indaga y describe, en las argumentaciones de maestros en formación, el reconocimiento y la diferenciación de los modos de ver, con los cuales caracterizan y explican los fenómenos físicos alrededor del concepto de esfuerzo y con base en la coherencia y relacionabilidad de sus respuestas y la aplicación de estas a situaciones propuestas, se clasifican de acuerdo a los cuatro grupos de estrategias cognitivas de análisis propuestas por Guidoni.

Palabras clave: Estrategias cognitivas de análisis, sistema, variables de estado y transformación y el concepto de esfuerzo.

Abstract

In this article we present the analysis and the results of the information obtained in an investigation realized in the Faculty of Education of the University of Antioch, in the space of conceptualization of Physics of the Means Continuos, whose target is to analyze in the teachers in formation, the incidence of the application of the approach of Guidoni, in the recognition and differentiation of the perspectives with those who describe and explain to themselves the phenomena, conceptualizing the notion of effort, across the strategies of analysis, raised by this author. It is investigated and described, in the teachers' argumentations in formation, the recognition and the differentiation of the ways of seeing, with which they characterize and explain the physical phenomena about the concept of effort and with base in the coherence and Related from his responses and the application of these to proposed situations, qualify in accordance with four groups of cognitive strategies of analysis proposed by Guidoni.

Keywords: Cognitive strategies of analysis, system, variables of state and transformation and the concept of effort.

PACS: 01.40.-d, 01.40.gb

ISSN 1870-9095

I INTRODUCCIÓN

En esta investigación se ha hecho un estudio del concepto de esfuerzo (Ver García y Sánchez [1]), con una intencionalidad específicamente pedagógica. Como parte de este estudio, se adelantó una revisión de las obras de Feymann [2], Maxwell [3] y Cauchy [4] sobre el concepto de esfuerzo, se realizó un proceso de identificación y selección de perspectivas de análisis sobre el concepto en mención que posibilitaron diseñar una ruta alternativa para su enseñanza – aprendizaje para la comprensión del concepto de esfuerzo.

Este artículo presenta los avances logrados en la investigación en básicamente tres parte:

Los antecedentes de la investigación y génesis de la pregunta, se expone el enfoque de sistémico de Guidoni como marco metodológico para el estudio de los fenómenos físicos desde el reconocimiento y diferenciación de estrategias cognitivas de análisis y como componente se presenta los resultados y conclusiones.

II. ANTECEDENTES Y PROBLEMA

Los investigadores Martínez y Aguilera [5] presentan una propuesta de enseñanza de la física basada en la naturaleza de los sistemas físicos. Según ellos, para el estudio de los fenómenos físicos es necesaria la identificación de observables y de relaciones entre ellos. La relación de

estos observables definen el sistema físico en el cual tiene lugar los fenómenos de interés. Desde ésta perspectiva el discutir las propiedades que presentan los observables, enfocan el mismo fenómeno desde diferente áreas de la física (mecánica, termodinámica, electromagnetismo,...) y se constituye en una metodología para el estudio de sistemas físicos. El objetivo de estos investigadores es diseñar estrategias con base a estudios detallados que implican la construcción del conocimiento en determinados escenarios epistemológicos. Según Martínez y Aguilera, esta manera de enseñar los conceptos físicos a tratar en un curso, se basan en el método hipotético deductivo a fin de establecer las relaciones entre los diferentes observables que definen el sistema.

Así, el enfoque sistémico, es un marco metódico para observar y analizar los fenómenos particulares que se presentan en nuestro entorno.

De modo similar, Rojas [6] argumenta en su artículo *On the Teaching and Learning of Physics: A Criticism and a Systemic Approach*, que la cantidad de investigaciones publicadas por Physics Education Research¹ muestran, por un lado, un creciente interés en el diseño y desarrollo de estrategias de enseñanza y por otra parte, un intento por comprender las formas posibles como el cerebro procesa la información científica, a fin de que las destrezas del pensamiento científico puedan ser enseñadas de manera más eficaz, pero que a pesar de estos importantes esfuerzos, los resultados publicados son abrumadores y confusos para los maestros en física, en este sentido, las conclusiones que han surgido en los artículos, son en algunos casos polémicos y lejos de ser concluyentes en señalar una estrategia para superar los problemas de enseñanza. En consecuencia, Rojas concluye con base en el análisis de los trabajos publicados, que una de las principales dificultades para la enseñanza de la física está asociada a la falta de un marco metodológico y coherente que integre, tanto los aspectos conceptuales y los razonamiento matemáticos, en una forma sistémica de pensar.

Zahn [7] en sus tesis doctoral *Vom Systemischen Denken zur Methode System Dynamics*, argumenta que desarrollar el pensamiento sistémico constituye una metodología para entender mejor el comportamiento de los sistemas complejos. Ya que según él, el pensamiento lineal causa - efecto, simplifica la naturaleza de los sistemas, dejando muchos detalles que producen transformaciones en otros sistemas. Él menciona, que es necesario reconocer que estamos en un sistema que está compuesto de subsistemas en constante interacción.

Machado y otros [8] en su investigación sobre los conceptos de energía y sistema, con estudiantes de ciencias de la salud de la Universidad Simón Bolívar del Valle de Sartenejas, Venezuela, se fundamentan con la teoría

cognitiva de Ausubel y tiene como objetivo principal, describir los procesos de aprendizaje para determinar la estructura de la asignatura de física alrededor de un concepto organizador. La información, se obtiene mediante encuestas y entrevistas. Ellos concluyen que el concepto organizador es el de sistema, pues, partiendo de una definición de sistema y de sus propiedades, se presenta el cuerpo humano como un conjunto de sistemas: bioquímico, nervioso, cardiovascular, respiratorio, renal, térmico, digestivo, etc. Se discute la necesidad de que cada sistema funcione adecuadamente, en armonía con el resto y adaptado al medio ambiente.

Mencionan que la inclusión del concepto de sistema posibilita:

1. Introducir el concepto de energía desde el principio de la asignatura, en la propia definición de sistema y alrededor de la interacción entre sistemas.
2. Presentar el cuerpo humano como un conjunto interrelacionado de sistemas con el cual se evita la visión parcelada.

La investigación desarrollada por Covalada y otros [9] sobre los conceptos de sistema y equilibrio, se centra en caracterizar las representaciones mentales que utilizan los estudiantes universitarios del curso de Física I, para dar significado a estos conceptos en el aprendizaje de la mecánica y la termodinámica. En este trabajo de exploración conceptual, los autores muestran una variedad de interpretaciones y significados que se asignan a los conceptos de sistema y equilibrio, en una muestra de 60 estudiantes universitarios del curso de Física I de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Antioquia.

Con relación al concepto de sistema, los autores concluyen, que éste en general, es interpretado como un conjunto de una variedad de elementos, cosas, leyes, y situaciones, que lo hacen amorfo conceptualmente, sin embargo, los estudiantes reconocen la existencia de relaciones y aún mas, de interacciones entre los elementos o cuerpos, aunque es notable el hecho de no identificar plenamente los sistemas que interactúan, ni las interacciones, las variables de estado y los cambios de estado; consideran además, que la solución de situaciones propuestas, no resulta en general exitosa, este es un indicio muy notable de la debilidad del concepto de sistema.

Finalmente, Guidoni [10] y Pozo [11] afirma, que es muy poco probable que los estudiantes diferencien diversas estrategias de análisis y por lo tanto es esto lo que dificulta sus explicaciones, pues no permite construir una estructura de relaciones coherentes del fenómeno que trata de describir y explicar, estas están dominadas por la forma en que ve el mundo y la no identificación de otras formas de ver. Guidoni [10] dice además que los modos de mirar aparecen bastante mal diferenciados, y constituyen esbozos de modelos distintamente superpuestos y entrelazados uno con otro en la mente de cada estudiante.

A partir de la lectura de los antecedentes se puede inferir que tanto el concepto de sistema como el enfoque sistémico tienen un carácter interdisciplinario, que le puede dar plausibilidad en contextos de ingeniería, medicina y enseñanza por nombrar algunos.

¹Physics Education Research, es una revista patrocinada por la American Physical Society (APS), la Asociación Americana de Profesores de Física (AAPF) y el Foro sobre Educación de APS (APS Fed). En ella se abarca toda la gama de investigación experimental y teórica sobre la enseñanza y/o aprendizaje de la física.

La teoría de sistemas tiene un papel protagónico en procesos de organización y de enseñanza; y como bien señala Covaleda [9], los estudiantes tienen falencias en la utilización del concepto de sistema, además, es usual que los aprendices privilegien los razonamientos causales, dejando de lado otras alternativas y estrategias de análisis conduciéndose en algunos casos a conclusiones erróneas [11].

En este orden de ideas se puede pensar que los sistemas son una tentativa interesante para investigar su incidencia en procesos educativos, particularmente en la enseñanza de la física de los medios continuos.

III. ENFOQUE SISTÉMICO: ESTRATEGIAS COGNITIVAS DE ANALISIS

De acuerdo Guidoni [12], se entiende que enfoque sistémico, es una forma de interpretación, una herramienta conceptual que permite describir e interpretar realidades complejas y que además es un reflejo de esas realidades, que dispone de métodos válidos para explicar, describir e interpretar los sistemas (culturales, sociales, económicos, mecánicos, biológicos,...), pues sus métodos son la respuesta a la necesidad de sintetizar y analizar la complejidad de estos.

Según Guidoni [10] las estrategias para la reconstrucción racional de la realidad son la *distribución* y la *organización* según elementos, relaciones y estructuras, las cuales son complementarias y están entrelazadas una con la otra y son vistas como procedimientos organizadores del pensamiento. Para Guidoni, distribuir y organizar son las estrategias cognitivas generales, pues estas pueden hallarse en numerosos esquemas cognitivos entrelazados, también muy flexibles, que se derivan de ellas y forman parte de diversos modos de observar y que se pueden identificar sus raíces en la cultura común, explicitándose en las experiencias, lenguajes y competencias, tan alejadas entre sí que se hace imposible, o al menos muy difícil, reconocerlos y reducirlos a una raíz común.

Es importante darse cuenta que estos modos de observar la realidad, tienen raíces profundas en el modo común de pensar, hablar y hacer. Según Guidoni, sería imposible, en efecto para cada uno de nosotros sobrevivir en esta sociedad sin reconocer en las palabras sus significados más comunes: Los «*nombres*» son de hecho, símbolos para sistemas identificables; los «*atributos*» se refieren sustancialmente a variables de estado, usadas para definir, mediante su señalización y a través de sus reciprocas relaciones, los estados de un sistema; los «*verbos*» son esencialmente símbolos de transformación, mientras los «*adverbios*» representan otras, correspondientes variables de transformación. Así, el lenguaje puede dar evidencia de las diversas estrategias cognitivas de análisis definidas por Guidoni [13].

Así, teniendo presente las anteriores consideraciones y la definición dada por Guidoni [13] de cada una de las estrategias cognitivas de análisis. Se definen las cuatro

estrategias cognitivas de análisis como categorías de clasificación de cada una de las repuestas obtenidas de los maestros en formación durante la investigación y para ello se definen los siguientes criterios para realizar dicha clasificación:

Categoría A: Estrategias de análisis diferenciables e integrales, una respuesta se clasifica en esta categoría sí:

1. Se describe momento a momento las ocurrencias del fenómeno.
2. Compara la situación inicial con la final.

Categoría B: Estrategias de análisis por estado y transformación sí:

1. Identifica cambios y los caracteriza como transformaciones.
2. Identifica permanencias y las caracteriza como estados.

Categoría C: Estrategias de análisis para cambio global y cambio variable sí:

1. Identifica un conjunto de variables para describir fenómenos y procesos.
2. Analiza una variable con respecto al cambio de las otras.

Categoría D: Estrategias de causalidad y de relación sí:

1. Identifica causas y efectos.
2. Identifica cambios simultáneos: dependientes o independientes.

A continuación se presentan los resultados del análisis de la información obtenida en por medio de las actividades de conceptualización:

IV. METODOLOGIA, ANÁLISIS Y RESULTADOSEL TENSOR DE ESFUERZOS COMO VARIABLE DE ESTADO

Esta investigación se llevo a cabo en la Universidad de Antioquia con cuatro estudiantes universitarios en el espacio de conceptualización de Física de los Medios Continuos de la Licenciatura en Matemáticas y Física en la Facultad de Educación, estudiantes entre los 19 y 21 años que pertenecen a un contexto socio - económico medio y medio - bajo; éstos informantes se seleccionaron por su interés frente al área y por su disposición (tanto de aptitud como de actitud) para colaborar con la presente investigación; estos se presentaron voluntariamente, dejando claro su deseo por aprender de la disciplina

De acuerdo con Stake [14] la metodología de esta investigación es de carácter cualitativa con estudio de caso intrínseco. Porque la investigación cualitativa, permite analizar la experiencia humana, estudiando las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en un determinado contexto. Se sabe que los problemas en donde se incluyen personas, pocas veces tienen una causa sencilla y no basta con la simple explicación, sino que se hace necesaria la comprensión y esta trasciende a la explicación en la medida en que le ofrece al lector la posibilidad de sentir lo que la experiencia misma trasmite. Por lo tanto, este tipo de investigación exige de la constante observación, análisis e interpretación de los hechos. No se busca generalizaciones sino que su objetivo es conocer a fondo el problema para poder mirar en que

contextos y bajo qué circunstancias el estudio es transferible. Es decir, el caso interesa en si mismo tanto por lo que tiene de único, como por lo que tiene de diferente, más que un proceso es un objeto que cuenta con toda la especificidad y complejidad necesarias como para ser interesante [14].

La primera etapa de esta investigación se realizó de manera no participativa, en el espacio de conceptualización: Física de los Medios Continuos, en esta se realizaron observaciones y algunas entrevistas, que se analizaron y registraron en un diario pedagógico.

Las observaciones permitieron identificar razonamientos causales, en las argumentaciones de los estudiantes (maestros en formación para este caso particular), ya que estos, en sus intervenciones usualmente establecen relaciones, buscando causas que generen cambios en un fenómeno particular, cambios que podrían llamarse efectos. Como caso particular, en el análisis del concepto de esfuerzo, son constantes las intervenciones en las cuales se hace mención de algunos aspectos como: si aumenta la fuerza, aumenta el esfuerzo; si disminuye el área, entonces se incrementa el esfuerzo. Estos juicios de valor motivaron en inicio, la génesis del problema de investigación, ya que, aunque estas afirmaciones son validas en ciertas condiciones, el uso secuencial de estos razonamientos puede conducir a conclusiones erróneas.

Se realizó una búsqueda en bases de datos, como Dialnet, Arxive, libros, revistas, artículos y demás referentes; teniendo en cuenta aspectos disciplinares, epistemológicos, históricos, didácticos y metodológicos; estos permitieron delimitar el problema.

Durante las indagaciones en el espacio de conceptualización de Física de los Medios Continuos se observó que los maestros en formación explican los fenómenos físicos con argumentaciones usualmente causales. Lo que llevó a buscar otras vías de análisis para el estudio de los fenómenos. Luego de esta identificación se buscó documentación en revistas científicas para indagar que investigaciones se habían realizado en cuanto a las dificultades identificadas en el registro realizado en el diario pedagógico y se concluyó que en efecto, este indicativo es una problemática en la enseñanza de las ciencias como lo afirma Pozo y Guidoni.

Con la identificación de este problema, se buscó una estrategia que permitiera mejorar las condiciones del contexto educativo y ampliara las posibilidades de análisis de un fenómeno físico. Es de esta forma, como la teoría de sistemas surge como tentativa para brindar una diversidad de enfoques; de manera particular, la recontextualización que hace Guidoni de la teoría de sistemas en contextos educativos, aun desde la didáctica, emerge como una posibilidad al establecer diferentes estrategias de análisis de un fenómeno físico. A continuación se estableció la metodología de investigación cualitativa, con estudio de caso intrínseco.

Fue así, como se llegó a la pregunta: ¿Qué incidencia tiene la aplicación del enfoque sistémico de Guidoni en el reconocimiento y diferenciación de las perspectivas con

las que se describen y explican los fenómenos, al conceptualizar la noción de esfuerzo?

El enfoque de sistemas, es viable para el estudio de diferentes problemáticas independientemente del contexto. En la enseñanza de las ciencias y el estudio de la noción de esfuerzo, toma su importancia particular argumentada en varios aspectos: a) Se observa debilidad conceptual, en los maestros en formación, en cuanto a los conceptos de esfuerzo y sistema; producto de observaciones consignadas en un diario de campo y antecedentes ya mencionados. b) Ausencia de diversidad de estrategias para interpretar y analizar los fenómenos físicos [13] en particular la noción de esfuerzo. c) El esfuerzo es un concepto transversal para el estudio de la física de los medios continuos desde el análisis de los fenómenos elásticos y deformaciones, pasando por el concepto de presión en los fluidos y aspectos relacionados con el esfuerzo en termodinámica. Además, la noción de esfuerzo es un fundamento para la construcción de formalizaciones y recontextualizaciones en electromagnetismos y otras "ramas" de la física [15].

En la segunda etapa, que duro un semestre académico, los investigadores se desempeñaron como profesores del espacio de conceptualización, con el apoyo de un maestro acompañante, quien se encargaba de revisar el diseño y la implementación de este en el aula.

Se consideró de acuerdo con Guidoni [10], que la intervención didáctica desde la teoría de sistemas en el espacio de conceptualización de Física de los Medios Continuos, permite orientar a los estudiantes de manera consciente, sobre diversas estrategias cognoscitivas, enfocando en cada una de las sesiones de clase, la atención en aspectos de los conceptos más relevantes de éste espacio de conceptualización, buscando entender las potencialidades y los límites de cada estrategia de interpretación, resaltando, en primer lugar, mediante el lenguaje, las diversas fases y las diversas dinámicas de los eventos. Según Guidoni [12], es inicialmente a través de hablar y describir en conexión con lo que sucede, que se pone en evidencia, las variadas y complejas situaciones de la realidad de los fenómenos, los aspectos de sucesión en el tiempo, de consecuencialidad causal, de contemporaneidad, de correlación entre variables y entre cambios

Es decir, la primera intervención educativa en el espacio de conceptualización de Física de los Medios Continuos, se orientó buscando un proceso continuo, promoviendo en los estudiantes explicaciones sistemáticas que parten de una valoración de sus experiencias, los lenguajes y los conocimientos ya existentes y de la comparación con las estructuras de base de la «cultura común» y las experiencias, los lenguajes y conocimientos de la «cultura especializada» de la física, tratando de orientar a quien aprende, al reconocimiento y diferenciación de las transformaciones, de los desarrollos de los criterios de explicación y también de sus invariabilidades a lo largo del proceso de formalización de los conceptos físicos.

Cada clase se diseño desde el enfoque sistémico de Guidoni, definiendo sistemas y variables e identificando

elementos, relaciones y estructuras mediante diversas estrategias de análisis y perspectivas teóricas como Maxwell, Cauchy y Feynman. El diseño de las clases se presentaba previamente al maestro cooperador del espacio de conceptualización, quien corregía, sugería y finalmente permitía su implementación. Para cada sesión se tenían objetivos generales y específicos, diseño de talleres introductorios conceptuales, desarrollo breve de las temáticas, ilustraciones y ejemplos y la resolución de algunos problemas. En estas clases se estableció un equilibrio entre el manejo conceptual y el desarrollo de habilidades propias de las técnicas para afrontar problemas.

Para ilustrar los diseños, se muestra a continuación algunos apartes de las clases.

Para el estudio de fenómeno de la flotación, identificamos las variables características que posibilitan el fenómeno. Cuando tenemos un objeto sumergido en un fluido como el agua, los cuerpos que flotan no se dejan hundir y aquellos que son muy pesados fuera del fluido se hacen más livianos en él. Por ejemplo levantar una piedra del fondo de un río es relativamente fácil, mientras la piedra esté bajo la superficie. Sin embargo, cuando sube de la superficie, la fuerza requerida para levantarla aumenta en forma considerable. ¿Cómo se puede explicar esto? ¿Por qué es mucho más fácil levantar la piedra en el agua que fuera de ella? ¿Existe acaso alguna fuerza adicional que permite esto? ¿De ser así, cual es su causa y en qué dirección es ejercida? (Ver anexo 2).

En esta clase sobre el principio de Arquímedes, el investigador inicia la clase con el fenómeno de flotación y orienta la clase a definir variables y sistemas que están involucrados en este fenómeno. Se comparaban situaciones con condiciones diferentes y con preguntas donde los sistemas son más delimitados como por ejemplo en esta clase sobre el concepto de esfuerzo:

Pregunta 1. Se tiene dos cuerpos de igual masa, sostenidos por dos cuerdas de igual sección transversal y longitudes diferentes (situación). ¿En cuál de las dos situaciones, la cuerda se puede romper más fácil y cuál se deforma más? Justifique su respuesta.

Pregunta 2. Se tiene dos cuerpos de igual masa, sostenidos por cuerdas de diferente área transversal y longitudes iguales (situación 2). ¿En cuál de las dos situaciones, la cuerda se puede romper más fácil y cuál se deforma más? Justifica tu respuesta.

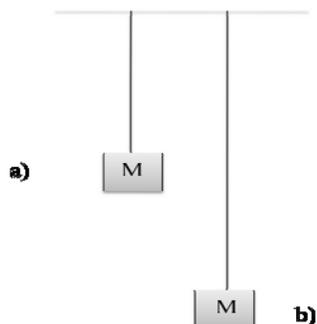


FIGURA 1. Tensión en una cuerda (Situación 1).

Pregunta 3. ¿Qué relación se puede establecer entre la fuerza, la deformación, la longitud de la cuerda y la sección transversal de la cuerda?

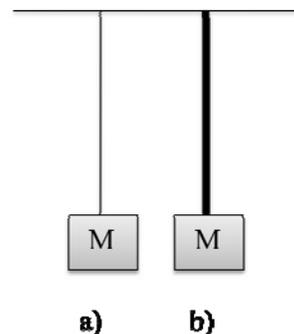


FIGURA 2. Tensión en una cuerda (Situación 2).

En cuanto a las diferentes perspectivas teóricas, en el siguiente apartado el investigador presenta el concepto de esfuerzo desde Maxwell [2], Cauchy [3] y Feynman [4] después de haber planteado una situación que involucraba la noción de esfuerzo:

El esfuerzo según Maxwell, existe únicamente entre dos porciones de materia, se puede interpretar equivalentemente a la tercera ley de Newton y es la causa de toda fuerza. Se distingue como tensión cuando la fuerza que actúa sobre cualquier porción se dirige hacia la otra, y como presión cuando la fuerza que actúa sobre cualquier porción se dirige alejándose de la otra. Para Feynman, los esfuerzos son fuerzas internas entre partes vecinas del material, las cuales se pueden modificar si se aplican fuerzas externas sobre el material, la fuerza y esfuerzo son lo mismo. Según Lagrange las presiones son las fuerzas de ligadura que se deben aplicar a una parte de los cuerpos para restablecer el equilibrio cuando sin suprimir ninguna de las fuerzas dadas que actúan sobre esta parte, se suprimieran los obstáculos que las partes vecinas de los cuerpos oponen a su movimiento y finalmente para Cauchy el esfuerzo es una densidad de fuerzas donde la dirección de esta se calcula por medio del cálculo tensorial.

En diseño también se tuvo presente las diferentes estrategias de análisis, por ejemplo:

Para interpretar el esfuerzo, lo podemos hacer desde la deformación. Hay que considerar que no se privilegia una forma natural del cuerpo. El cuerpo se deforma si una acción externa actúa sobre él y regresa a su forma natural si esta acción deja de actuar, similar al modo de pensar aristotélico. Desde la perspectiva de estados, no hay una forma natural del sistema, la forma depende del medio en el cual está el cuerpo. (De ahí la idea de medio). Para que el cuerpo recupere su forma usualmente llamada natural se necesita de una acción externa.

Es claro que para el diseño de clase, se proponen diferentes autores y estrategias para el análisis del concepto a estudiar, premisa que era fundamental para la investigación realizada.

También en el proceso de la investigación se elaboraron algunos métodos para obtener información de

una forma más directa, de los cuales se presentan algunos resultados más adelante, describiendo la finalidad con la cual se diseñaron. Aunque la elaboración de estos métodos, fue un proceso importante dentro de la investigación, los esfuerzos se centraron en las descripciones, clasificaciones e interpretaciones bajo el grupo de las cuatro categorías definidas en este escrito.

Los métodos construidos se pueden dividir en: Actividad de indagación para determinar la estrategia de análisis que los estudiantes privilegian. Dos actividades de conceptualización y los diseños de clases.

A. Actividad de indagación

Esta actividad de indagación se aplicó a los cuatro informantes, con el objetivo de indagar e interpretar su noción del concepto de esfuerzo y cuáles son sus estrategias de análisis, fijando la atención en la coherencia de sus respuestas. Esta conformada por tres preguntas acerca de una situación en la que se le pide que explique el fenómeno de flexión de una pértiga. Esto permitió determinar si los estudiantes dan cuenta de su conciencia, diferenciación y explicitación de sus posturas de análisis frente al estudio de un fenómeno.

La pregunta número uno pretende que los estudiantes definan unos elementos en un sistema que ellos seleccionen para construir su descripción y explicación del fenómeno y justifiquen la necesidad de utilizarlas y en la pregunta dos y tres se busca que los estudiantes construyan relaciones entre los elementos sugeridos.

La pregunta uno, dice que durante un salto, la garrocha pasa por un proceso de deformación. ¿Qué variables físicas, consideras necesarias para describir este proceso de la pértiga? Justifica por qué la necesidad de cada una de estas variables. El lector puede notar que esta es una pregunta abierta, en la cual para su respuesta se pueden definir sistemas y variables y aplicar cada una de las estrategias de análisis para dar respuesta.

La respuesta dada por el *Estudiante A* fue:

El peso de la persona, porque éste hace doblar la pértiga. Material de la pértiga, porque hay unos materiales más rígidos que otros. Longitud de la pértiga, porque disminuye el grado de curvatura, es decir, $L \propto \text{Radio de curvatura}$. Dimensión de la pértiga, porque a menos radio mayor curvatura y mayor salto.

Además se puede notar que este estudiante se centra principalmente en identificar cuáles son las variables que tienen relación con la flexión de la pértiga pues el considera que si alcanza una máxima flexión se obtendrá mejores resultados en el salto; por esto para ella es importante el peso de la persona que va saltar, el material, la longitud y el diámetro de la sección transversal de la pértiga, evidentemente estas son variables decisivas para describir el “grado” de flexión de la pértiga. Sin embargo se puede notar que en ningún momento hace mención a una situación inicial y final del salto, tampoco define las variables para describir de manera global todo el proceso de flexión que sufre la pértiga durante el salto. Es evidente que la estrategia cognitiva de análisis principal se centra en

identificar cambios simultáneos y en determinar causas y efectos. Lo que se evidencia en que la principal causa de un buen salto es la flexión pértiga y el peso adecuado de la persona. Podemos afirmar que la estrategia principal que utilizó este estudiante para dar respuesta a la primera pregunta, corresponde a la Categoría D.

Veamos que sucede con la respuesta que dio el *Estudiante B*:

Para describir aquel proceso de la pértiga asociada a la deformación del objeto flexible tendría en cuenta variables como: longitud de la pértiga, el tipo de material, el peso del personaje que utiliza el objeto, y el impulso necesario para lograr el objetivo del deporte.

Considero la necesidad de estas variables porque es importante conocer, mediante el uso de las ecuaciones de la deformación y el esfuerzo, el límite de elasticidad de la pértiga, así, se evitará que la pértiga se fracture debido al peso del deportista y por consiguiente a éste le suceda lo mismo.

Este estudiante a diferencia del estudiante A, define las variables sin determinar qué relación existe entre ellas; se centra de manera global en definir cuáles son las variables necesarias para describir el proceso de deformación de la pértiga durante el salto. En el segundo párrafo argumenta que las variables que define son necesarias para el uso de las ecuaciones de deformación, el esfuerzo y el límite de elasticidad. Él reconoce que es necesaria una combinación óptima entre el peso del deportista y el diseño de la pértiga. El lector puede notar que este estudiante reconoce que el salto depende de la flexión de la pértiga, del peso y la velocidad del deportista. Es importante señalar que este estudiante define variables de manera global sin entrar a definir relaciones de causa efecto como lo hace el estudiante A, sin embargo igual que el estudiante A no define variables para describir lo que sucede durante el salto, ni tampoco identifica permanencias dentro de su análisis, lo que nos permite afirmar que este estudiante le dio preferencia a las estrategias de la categoría C.

El estudiante C nos dio la siguiente respuesta:

“Fuerza por que se requiere para que un objeto se cualquier tipo posea un impulso; la velocidad para que pueda ayudar a que la fuerza sea mayor y el impulso que se necesite sea suficiente para que el deportista pase por encima de la barra transversal, centros de masa y momentum para que la barra, dependiendo del material no tenga ruptura, el concepto de elongación, para que la barra pueda estirarse o la ley de Hooke, el peso, que es una fuerza que va de los objetos hacia abajo, también se puede considerar conceptos como: Tiro parabólico, caída libre, esfuerzo, trabajo, conservación de la energía y el área en el piso”

Este estudiante muestra un análisis igual que el estudiante A, por que define variables y justifica su validez en función de otras, es decir, identifica cambios simultáneos. El lector puede notar que este análisis se centra principalmente en determinar las causas que hacen que una variable cambie, lo que es la característica esencial de las estrategias de causalidad y de relación, es

decir el estudiante C privilegia las estrategias de la categoría D.

Del análisis de las respuestas obtenidas para la pregunta uno, se obtuvo la siguiente clasificación;

TABLA I. Clasificación de las respuestas de la actividad diagnóstico (Parte 1).

ESTUDIANTE	CATEGORIA
Estudiante A	D
Estudiante B	C
Estudiante C	D
Estudiante D	D

La tabla I, muestra cómo se clasificó las respuestas de los estudiantes de la pregunta uno. Se puede ver en esta tabla que tres de los estudiantes privilegiaron las estrategias de la categoría D, es decir ellos definieron variables en la media que estas varían en función de otras.

Para la pregunta dos de esta actividad que dice que si un atleta desea realizar un salto de mayor altura, y solo dispone de pértigas con diferentes grosores y materiales como la fibra carbono o el bambú, ¿cómo influyen estos materiales para llevar a cabo el salto? Aunque se fijan algunas variables, esto no restringe el uso de las estrategias cognitivas de análisis. El estudiante A:

Los materiales influyen a medida que su coeficiente de deformación son diferentes, entonces si el coeficiente es mayor, es decir, se deforma más, su radio de curvatura es menor, pero la pértiga se curva más. Por lo tanto la pértiga se dobló más, significa que su salto fue mayor y que su material y que su salto fue menor

Nuevamente el estudiante A, se clasifica en la categoría D, pues él se centra nuevamente en el “grado” en el que se doble la pértiga se obtiene el mayor salto. Olvidando que el peso de la persona que ejecuta el salto también influye notablemente. De igual manera los estudiantes B y D se clasifica en la categoría A, pues ellos se centra en la decir que la variación de los materiales afecta sólo afecta el “grado” de deformación, olvidándose de otras cosas que afectaría, como es la velocidad del jugador. Es importante destacar que estos estudiantes se han centrado en analizar solo el sistema pértiga y se han olvidado de analizar su relación con el sistema jugador. Las respuestas obtenidas por los estudiantes B y C son:

Estudiante B

Son de influencia decisiva, puesto que la deformación de la pértiga y los materiales de su composición depende no sólo de la fuerza aplicada, sino de su área transversal y su longitud inicial por lo tanto la influencia de aquellos materiales son sumamente decisivos a la hora de dar el salto.

Estudiante C

El material con que se elabore el salto debe tener una elasticidad, resistencia, y fuerza suficientes para aguantar las diferentes variables influyen en el salto como son la gravedad, el centro de masa, el trabajo, la ley de Hooke, (por que la barra tiene una deformación y de volver al sitio de donde se da la curva) y por lo tanto el material como el bambú se fracturaría fácilmente porque su

deformación tiene un límite, mientras la fibra de carbono es deformable y posee una mayor resistencia a la fractura.

Se puede también identificar en estas respuestas que estos estudiantes no hace referencia a situación inicial y situación final del salto, lo que significa que ellos no consideran las diversos estados por los que puede pasar la pértiga. Por otro lado, ellos se concentran en definir nuevas variables en función de otras, lo que los clasifica definitivamente en la categoría D.

Veamos la respuesta del estudiante D,

Considerando el peso del garrochero se necesita de un material más o menos deformable, ya que puede pasar que se quiebre, debe entonces elegir la más delgada posible de acuerdo a su peso, para lograr un mayor impulso.

A diferencia de los estudiantes A, B y C este estudiante reconoce una relación entre el sistema garrocha y el sistema persona, sin embargo también su respuesta se clasifica en la categoría D, pues él también centra en la relación entre peso y deformación, olvidándose de variables como la sección transversal, el peso de la pértiga, la velocidad del garrochero, etc. Por lo tanto para la pregunta dos se obtuvo la siguiente tabla;

TABLA II. Clasificación de las respuestas de la actividad diagnóstico (Parte 2).

ESTUDIANTE	CATEGORIA
Estudiante A	D
Estudiante B	D
Estudiante C	D
Estudiante D	D

De la información registra en la tabla II, se concluye nuevamente que las estrategias que privilegian los estudiantes son las de causalidad y de relación.

Analicemos las respuestas obtenidas para la última pregunta la cual dice que durante una competencia, el atleta se lesiona en uno de sus saltos, el equipo cuenta con otros dos atletas, uno de ello es más liviano y el otro es más pesado que el inicial. ¿Cómo deben ser sus velocidades para alcanzar un salto de igual altura que el atleta inicial? ¿Además de variar la velocidad de los atletas que pasa si se cambia el largo de la pértiga? Esta pregunta tiene el mismo objetivo que la anterior y tienen las mismas características.

Así, para esta pregunta se obtuvieron las siguientes repuestas:

Estudiante A

La persona de menos peso que el inicial debe correr más, pues, necesita deformar la pértiga más, aunque como es tan liviano se levantaría más fácil, mientras que la persona de mayor peso que la inicial debe correr menos, pues, deforma la pértiga más fácil, pero está debe ejercer una fuerza más grande en él para poder levantarlo una altura determinada. Cabe aclarar que estoy diciendo que la persona liviana tiene menor fuerza que la persona más pesada, por lo cual debe hacer más esfuerzo para deformar la pértiga a diferencia del gordo.

Este estudiante, se enfoca en analizar como la variación en el peso de la persona, deforma la pértiga, pero

nuevamente desconoce otros aspectos del fenómeno. Es claro que ella establece una relación de proporción entre al peso y la deformación de la pértiga, es decir el identifica cambios simultáneos, por lo cual clasificamos esta respuesta en la categoría D.

El estudiante D dio la siguiente respuesta:

Si el nuevo competidor es más liviano que el lesionado se requiere mayor velocidad para lograr el mismo salto del inicial.

Si el nuevo competidor es más pesado que el lesionado requiere de menor velocidad para que lograr la misma altura que el atleta inicial.

Si se cambia el largo de la pértiga deberá variar el impulso con el que inicien el salto ya que a mayor altura de la pértiga menor impulso requerirá

El estudiante B, de manera semejante al estudiante A establece relaciones de proporcionalidad entre la velocidad y la deformación de la pértiga, por lo tanto volvemos a identificar los criterios de la categoría D y estos también se identifican en las respuestas del estudiante C. Veamos su respuesta;

Estudiante C

Para el atleta liviano, su velocidad debe ser menor, porque su peso facilita la elongación o deformación de la barra y posee más impulso para pasar la transversal; el atleta más pesado requiere una mayor velocidad para esta velocidad ayude a que el impulso sea mayor y la elongación o deformación de la barra sean necesarias para que el esfuerzo sea menor por parte de la pértiga y no se fracturó, para que el más pesado pase por la barra transversal.

Cuando se cambia el largo de la pértiga, las velocidades también varían, es decir, si la pértiga es más pequeña, el salto en la altura es más pequeña y la velocidad aumenta, lo mismo ocurre con la pértiga más larga, para poder saltar, debe tener más velocidad para que pueda pasar la barra transversal con la pértiga.

Para las respuestas a la pregunta tres, se obtuvo la siguiente tabla;

TABLA III. Clasificación de las respuestas de la actividad diagnóstico (Parte 3).

ESTUDIANTE	CATEGORIA
Estudiante A	D
Estudiante B	D
Estudiante C	D
Estudiante D	D

En la tabla IV se reúnen los resultados obtenidos en las tablas 1, 2 y 3. En esta tabla se puede comprobar de acuerdo a la clasificación hecha, que los estudiantes privilegian las estrategias de la categoría D.

En este análisis se muestra para nuestro caso que ellos privilegian una estrategia de análisis que principalmente obedece a los razonamientos de causa –efecto.

En las respuestas dadas por cada uno de los estudiantes, el esfuerzo aparece como la causa de la fuerza, pues gracias a él, la persona que ejecuta el salto con

pértiga se puede elevar para alcanzar el objetivo del deporte.

TABLA IV. Clasificación de las respuestas obtenidas en la prueba diagnóstico.

CATEGORIAS	Estudiante A	Estudiante B	Estudiante C	Estudiante D
A	0 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas
B	0 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas
C	0 Respuestas	1 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas
D	3 Respuestas	2 Respuestas	3 Respuestas	3 Respuestas

B. Actividades de conceptualización

Se diseñó dos actividades de conceptualización que se centraron en el diseño de actividades experimentales, con el objetivo de potencializar la implementación de diversas estrategias de análisis, buscando que los estudiantes diseñaran métodos para resolver las diferentes situaciones planteadas. En cada una de las actividades se presentó el concepto de esfuerzo en relación con diferentes fenómenos, teniendo presente que estas actividades no son para verificar teorías, si no para posibilitar las reflexiones entre lo práctico y lo teórico.

A continuación se presentan los análisis y resultados de la información obtenida en el informe de laboratorio sobre tensión superficial. En esta actividad, se pide que se enuncien, definan las variables y establezcan las relaciones entre las mismas, que permitan describir el fenómeno de ascensión de un fluido a través de un capilar. El lector puede notar que esta es una pregunta abierta, en la cual para su respuesta se pueden definir sistemas y variables y aplicar cada una de las estrategias de análisis para dar respuesta.

En la respuesta dada por el estudiante A, se puede percibir que describe momento a momento las ocurrencias del fenómeno, al puntualizar la formación de un menisco y la ascensión del fluido a través del capilar. Además, comparan la situación inicial con la final al decir cuáles eran las condiciones de diferencia de presión iniciales que ocasionaban el ascenso a través del capilar y la condición de equilibrio al final del mismo. Por lo cual su estrategia se clasificó en la categoría A.

En el fenómeno de capilaridad intervienen factores como la densidad del fluido, las fuerzas de adhesión y cohesión, la tensión superficial y la presión atmosférica. Cuando se coloca un capilar en la superficie de un fluido, una parte de este se eleva por el capilar debido a la fuerza de adhesión que ejercen las moléculas del capilar sobre el fluido. Dicha ascensión se dará hasta que el peso de cierto volumen del fluido iguale la fuerza de adhesión.

Pero la presión atmosférica también interviene en este fenómeno, pues si ésta supera la presión del fluido inmediatamente por debajo de la superficie, el sistema no está en equilibrio, lo que ocasiona, además de la formación de un menisco, una ascensión del fluido hasta que la presión en los puntos en los cuales estaba la superficie antes de la ascensión sea igual a la presión atmosférica

En la respuesta que se presenta a continuación del estudiante B. La estrategia cognitiva implementada por el estudiante es de causalidad y de relación, ya que el estudiante solo explicita la relación matemática que relaciona las variables con el fin de saber cómo determinar el peso o la fuerza ascendente, en función de variables como la densidad, el volumen del fluido, la longitud, el coeficiente de tensión etc. Así, el estudiante muestra la manera como el peso y la fuerza ascendente, dependen de otras variables.

La longitud de tubo o capilar: me ayuda a ver hasta donde asciende el líquido o fluido

Radio del tubo o capilar para hallar la ecuación y la altura que sube, dependiendo del perímetro del tubo pues es un cilindro.

Ángulo de contacto: pues algunos fluidos se comportan diferentes a otros.

Densidad del fluido pues depende de esta tensión superficial que muestra.

Volumen del líquido: para saber la cantidad que tengo.

Las relaciones entre las variables definidas:

$w = \rho V = \rho \pi r^2 h$: Esto es el peso de la columna de fluido es igual a la densidad por el volumen del fluido

$F_{as} = 2\pi r \gamma \cos \theta$: Fuerza de ascensión es igual a longitud por coeficiente de tensión superficial por el ángulo de contacto."

$$w = F_{as}.$$

Aquí se relacionan las variables mencionadas en el punto anterior.

Además agrega una gráfica, donde caracteriza la relación entre el radio del capilar y la altura alcanzada por el fluido cuando termina su ascensión a través del capilar. De esta manera, para el estudiante, es clara la relación de dependencia de la altura, con respecto al radio del capilar, por lo tanto su análisis se clasifica en la categoría D.

Este es un gráfico de la altura de ascensión del líquido Vs. El radio del capilar

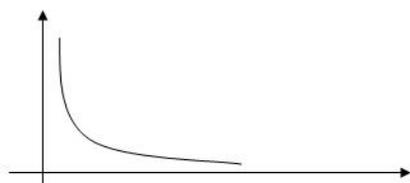


FIGURA 3. Gráfico realizado por un informante.

El informante agrega que:

Esta gráfica nos muestra que la altura y el radio son variables inversamente proporcionales, es decir, que a mayor radio del capilar menor altura de ascenso del fluido y viceversa. Además, es una gráfica que tiene características hiperbólicas, que no pasa por el origen y que son asíntotas los ejes, pues no se puede decir que por más altura que haya, el radio es cero, o si el radio es muy grande, la altura sea cero.

El estudiante D se caracterizó por dar una respuesta muy extensa, por lo cual a continuación solo presentamos los apartados que permitieron clasificar su estrategia de análisis.

Él empieza por definir cuáles son las variables suficientes para describir el fenómeno en su totalidad.

El fenómeno de capilaridad queda bien descrito por las siguientes variables: ángulo de contacto formado entre el fluido y el tubo capilar θ , coeficiente de tensión superficial del fluido γ , radio del capilar r , densidad del fluido ρ y la altura de ascenso h . Para entender el fenómeno también es importante conocer algunos conceptos que constituyen significativamente en la comprensión de este fenómeno, como son el menisco, volumen de un cilindro circular recto y la gravedad que, aunque es constante, juega un papel importante dentro del fenómeno capilar.

Además, el informante considera cada una de estas variables y las analiza con respecto al cambio de las otras variables, obteniendo la siguiente respuesta:

Ángulo de contacto: *se refiere a aquel ángulo que forma la superficie de un fluido al entrar en contacto con un sólido (formado por la tangente a la superficie del menisco en el punto de contacto con la pared del capilar). El valor de dicho ángulo depende principalmente de la relación que existe entre las fuerzas adhesivas entre el fluido y el sólido y las fuerzas cohesivas del fluido cuando las fuerzas adhesivas con la superficie del fluido son muy grandes en relación a las fuerzas cohesivas, el ángulo de contacto es menor de 90 grados.*

Finalmente realiza un análisis local de la situación;

Una molécula de un fluido en las cercanías de la pared de un recipiente experimenta una fuerza de atracción gravitacional dada por su peso p , una fuerza cohesiva ejercida por el resto de las moléculas del resto del fluido F_0 , una fuerza de adherencia que ejercen las moléculas de la pared del recipiente sobre la molécula del fluido F_a y una fuerza ejercida por las moléculas de vapor que hay por encima de la superficie del fluido.

Por lo tanto, la estrategia de análisis de este estudiante, fue clasificada en *análisis para cambio global y cambio variable*: ya que identifica un conjunto de variables relacionadas para describir fenómenos y procesos y analiza una variable con respecto al cambio de las otras.

La información de la anterior actividad se resume en la siguiente tabla:

TABLA V. Respuestas obtenidas de la actividad de conceptualización 2.

CATEGORIAS	Estudiante A	Estudiante B	Estudiante C	Estudiante D
A	1 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas
B	0 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas
C	0 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas	1 Respuestas
D	0 Respuestas	1 Respuestas	1 Respuestas	0 Respuestas

Tras la información reunida en los tres métodos anteriores, la actividad diagnóstica y las actividades de conceptualización 1 y 2, se encontró preferencia por los razonamientos causales. Como podrá ver el lector en la siguiente tabla se presenta de forma general la clasificación obtenida de la información.

TABLA VI. Resumen General.

CATEGORIAS	Estudiante A	Estudiante B	Estudiante C	Estudiante D
A	2 Respuestas	1 Respuestas	1 Respuestas	0 Respuestas
B	0 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas
C	0 Respuestas	0 Respuestas	0 Respuestas	1 Respuestas
D	4 Respuestas	5 Respuestas	5 Respuestas	4 Respuestas

Finalmente del análisis de estas tres actividades se obtuvieron las siguientes conclusiones.

V. CONCLUSIONES

Una vez aplicado los métodos y las actividades de conceptualización para la obtener la información por parte de los informantes y conjuntamente con los respectivos análisis, se obtuvieron unos resultados que permitieron a los investigadores presentar el siguiente conjunto de conclusiones:

En lo referido a la indagación en las argumentaciones de maestros en formación, el reconocimiento y la diferenciación de modos de ver con los cuales describen y explican los fenómenos físicos alrededor del concepto de esfuerzo, objeto de estudio de la presente investigación, se ha podido identificar que los cuatro estudiantes tiene una preferencia por los razonamiento de tipo causal y relacional, aunque algunos estudiantes utilizan otras estrategias pero no hacen explicito, el por qué de su utilización y su diferenciación de otras. Resultado que les permite a los investigadores concluir que los estudiantes no conocen y por lo tanto no diferencian las estrategias de tipo causal y relacional de otras.

Tras el describir y analizar las argumentaciones dadas por los cuatro maestros en formación de las tres actividades de conceptualización se concluyo que:

1. Los estudiantes A, B, D y C privilegian las estrategias de tipo causa – efecto.
2. Las preguntas realizadas por los investigadores pueden delimitar el tipo de estrategia a utilizar.
3. Los esfuerzos del maestro tiene que centrarse en el desarrollo de alternativas que posibiliten el desarrollo de diferentes estrategias de análisis.

Por otro lado, se estableció correspondencias entre las estrategias de análisis de Guidoni y los modelos explicativos en formación y se encontró que el 78% de las respuestas obtenidas se clasificaron en los estrategias de causa y relación, un 17% en estrategias integrables y diferenciables y un 5% en estrategias de cambio local y global. Resultados que corroboran las conclusiones mencionadas en el párrafo anterior. Hay que señalar que en el inicio de la investigación el 91% de las respuesta se clasificaron en las estrategias de causa y relación y al término de la investigación solo el 55%. Por lo tanto se concluyo que de cada clase que se diseño desde el enfoque sistémico de Guidoni, definiendo sistemas y variables e identificando *elementos, relaciones y estructuras* mediante diversas estrategias de análisis y perspectivas teóricas desde Maxwell, Cauchy y Feynman, permitieron a los estudiantes conocer otras estrategias y diferenciarlas de

otras y pues como vimos en las conclusión dada por el estudiante A reconocer que hay diferentes modos de analizar un fenómeno. Pues como señala uno de los informantes de la investigación.

La observación de los diferentes instrumentos y experiencias de laboratorio hace que cada persona observe de distinta forma el experimento y hace que las mediciones sean relativas, de ahí la necesidad de crear conceso y acuerdos decisivos para poder crear un procedimiento claro de la experiencia en general.

Tras esta investigación, se encontró también, que las principales estrategias que permitieron realizar reflexiones epistemológicas alrededor del concepto de esfuerzo desde la perspectiva de sistemas y variables, fueron las estrategias de estado y transformaciones, las cuales permitieron caracterizarlo como una variable de estado (Ver García y Sánchez [1]); dado que el esfuerzo permite establecer la diferencia de estados de estrés entre dos partes contiguas de materia, pues mientras no se presente una acción externa al sistema en el cual se está analizando el esfuerzo, este permanecerá invariable y tales rasgos característicos tienen dos importantes implicaciones para el concepto de estado de estrés: una, un cuerpo o sistema no puede cambiar su estado de estrés por sí mismo, y dos, no es posible que un cuerpo cambie su estado de estrés sin que al menos haya otro que lo haga.

Finalmente, tras analizar, en los maestros en formación, la incidencia de la aplicación del enfoque de Guidoni, en el reconocimiento y diferenciación de las perspectivas, con las que se describen y explican los fenómenos al conceptualizar la noción de esfuerzo. Se encontró que dentro de estos procesos, las clases pensadas teniendo presente las estrategias de análisis de Guidoni son plausibles como potencializadoras y enriquecedoras en cuanto a la comprensión de conceptos y fenómenos físicos para los maestros en formación y como herramienta clasificatoria y categorizadora para el docente donde las culturas especializadas están inmersas en la cultura común en un entramado de lenguaje, cultura y conocimiento [10]; sin confundir que estas (las estrategias de análisis) fueron diseñadas exclusivamente para este fin particular.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Antioquia, los profesores Oscar Meneses Cardona y Luis Carlos Yepes.

REFERENCIAS

- [1] García, W. Sánchez, A., *Estrategias de análisis y la caracterización del concepto de esfuerzo como variable de estado desde Maxwell, Cauchy y Feynman*, (2009). (Sin Publicar).
- [2] Feynman, R., *Lectures on Physics*, (California Institute of Technology, United States of America, 1963).
- [3] Maxwell, C., *Matter and Motion*, (The Sheldon Press, Great Britain, 1925).

- [4] Cauchy, A., *Phisique Mathématique*, (Bachelier-Impremiur Libraire, Paris, 1844).
- [5] Martínez, J. R., *Enfoque sistémico como estrategia para la enseñanza de la física*, (Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México, 2003).
- [6] Rojas, S., *On the teaching and learning of physics: A Criticism and a Systemic Approach*, (2009, Febrero 6) Retrieved Febrero 7, 2009, from arXiv: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2009arXiv0902.1151R>.
- [7] Zahn, E. O., *Vom systemischen Denken zur Methode System Dynamics*, (Betriebswirtschaft-liches Institut der Universität Stuttgart, Florian Kapmeier, 2003).
- [8] Machado, J. M., Martínez, A. D., & Salvador, H. O., *Energía y sistemas: Conceptos relevantes en un programa para aprender física dirigido de ciencias de la salud*, Revista Brasileira de Ensino de Física **14**, 9-15 (1992).
- [9] Covalada, R., Moreira, M. A., & Caballero, M. C., *Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **4**, No. 1 (2005).
- [10] Guidoni, P., Arca, M., & Mazzoli, P., *De la cultura común a la construcción de conocimientos especializados* en Guidoni, P., Arca, M. & Mazzoli, P., *Cómo enseñar ciencia, cómo empezar: reflexiones para la educación científica de base*, (Paidós Educador, Rosa Sensat, 1990a) pp. 169-187.
- [11] Pozo, J., Gómez M., *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, (Ediciones Morata, S. L., Madrid, 1999).
- [12] Guidoni, P., Arca, M., & Mazzoli, P., *De la cultura común a la construcción de conocimientos especializados* en Guidoni, P., Arca, M. & Mazzoli, P., *Cómo enseñar ciencia, cómo empezar: reflexiones para la educación científica de base*, (Paidós Educador, Rosa Sensat, 1990a) pp. 139-165.
- [13] Guidoni, P., *Guardare por sistema, guadare por variable*, (Emme Edizioni, Torino, 1987).
- [14] Stake, R. E., *The Art of Case Study Reserch*, (Ediciones Morata, R. Filella, Trans, 1998).
- [15] Ayala, M. M., Malagón, F., Garzón, I., Castillo, J. C., & Garzón, M., *El tensor de esfuerzos. Un análisis epistemológico desde una perspectiva pedagógica*, en Ayala, M. M., Malagón, F., Garzón, I., Castillo, J. C., & Garzón, M., *La relación mecánica - electromagnetismo y la mecánica de medios elásticos*, (Universidad de Pedagógica Nacional, Bogota, 2001) pp. 33-48.