

Análisis didáctico de un episodio de aula en el estudio de un tema de mecánica newtoniana



Francisco Javier Parra Bermúdez^{1, 2}, Carlos Figueroa Navarro²

¹Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Benito Juárez y Calle de la Normal s/n, Col. Insurgentes Este, Mexicali, Baja California, México.

²Departamento de Física, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Colonia Centro, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

³Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Colonia Centro, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

E-mail: francisco.parra@correo.fisica.uson.mx

(Recibido el 8 de abril de 2016, aceptado el 14 de mayo de 2017)

Resumen

El presente trabajo mostramos el uso de un modelo teórico para el análisis didáctico en la resolución de un problema de dinámica y la comprensión conceptual de la fuerza de fricción. Nuestros análisis son de corte fundamentalmente cualitativos y se realizaron considerando los cinco niveles que conforman el modelo aplicado a un episodio de clase, cuya descripción y análisis nos ayude a respondernos por una parte ¿qué ha pasado aquí y por qué? y por otra valorar el proceso del objeto de estudio para hacer propuestas de mejora en la enseñanza de la física.

Palabras clave: Análisis didáctico, fuerza de fricción, objetos y procesos de la física.

Abstract

This paper shows the use of a theoretical model for didactic analysis in solving a problem of dynamics and conceptual understanding of the friction force. Our analyzes are essentially qualitative cutting and they are performed considering the five levels that make up the model applied to an episode of class, whose description and analysis help answer us on the one hand what happened here and why?, and the other assessing the process under study to make proposals for improvement in the teaching of physics.

Keywords: Didactic analysis, friction force, objects and processes of physics.

PACS: 01.40.gb, 01.40.gd, 01.50.ht

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Partimos de que el fin último de las investigaciones en Física Educativa es mejorar los resultados de la enseñanza de la Física, lo cual equivale a decir que el objetivo común de tales investigaciones es aportar elementos que puedan ser utilizados por los profesores en particular o por los sistemas educativos en general, para lograr que los estudiantes adquieran un conocimiento más sólido de la Física que se vea reflejado en un uso más eficaz en la aplicación de los conceptos y métodos de la disciplina, en el análisis, interpretación, comprensión y resolución de problemas. Además, consideramos que para poder mejorar la enseñanza, es necesario entender de mejor manera los procesos de estudio a través de los cuales las personas aprenden, en especial los que se generan en las aulas escolares en donde se lleva a cabo el procesos de interacción entre profesor y estudiantes. Respecto a estos procesos, son muchas las interrogantes que requieren ser contestadas, todas ellas relacionadas con el querer saber. En nuestro caso son dos las preguntas que pretendemos

respondernos en esta contribución ¿qué es lo que ha ocurrido aquí y por qué? y ¿qué se podría mejorar? La primera es de tipo descriptivo y la segunda implica que no deberíamos limitarnos a la mera descripción que lo deja todo como estaba, sino que debería aspirar a la mejora del funcionamiento de los procesos de estudio. Para tratar de responder las interrogantes anteriores usamos un modelo teórico para el análisis didáctico en Física Educativa, que permita describir, analizar, explicar y valorar los procesos que se dan en el aula escolar, el cual surgió en Matemática Educativa pero como indican sus creadores "...investigadores de otras áreas educativas pueden adaptarlas de modo que resulten eficaces en el análisis didáctico de otros tipos de prácticas escolares" [1].

Dicho modelo proporciona elementos para analizar los sucesos que se presentan en el aula escolar respecto a un objeto de estudio, desde cinco niveles diferentes, cada una de las cuales se corresponde con un factor cuya influencia en el proceso de estudio se considera determinante. Siendo las cuatro primeras de corte descriptivo y la última prescriptiva. En esta contribución pretendemos ilustrar el

uso del modelo analizando lo sucedido en una clase de Física (Mecánica Newtoniana) desarrollada en un curso que se imparte dentro de un proyecto más general en el que se investiga la construcción de significados de los objetos de la Física y la Matemática en el contexto de la mecánica newtoniana.

La revisión de diversas investigaciones relativas a la enseñanza y el aprendizaje de la Física en los diversos niveles escolares, originó, por una parte que nuestras concepciones teóricas y metodológicas se vieran enriquecidas y por otra, que nuestra convicción de la necesidad de usar un modelo teórico como el que en este reporte presentamos.

Entre las investigaciones consultadas que fueron desarrolladas con el propósito de estudiar tanto la enseñanza como el aprendizaje de la Física, creemos necesario citar algunas, tales como la que aborda un estudio de caso donde se intenta mostrar cómo la inadecuada estrategia instruccional empleada por un docente que domina satisfactoriamente los contenidos puede generar en sus alumnos una actitud totalmente negativa hacia la disciplina [2], otra que indaga sobre los conocimientos físicos adquiridos por los estudiantes al concluir un cierto nivel educativo [3], otras más sobre un estudio de caso con un profesor de Física [4].

Estructuramos la contribución en cuatro apartados, el primero de los cuales es esta introducción. En el segundo apartado exponemos las premisas teóricas en la que se sustenta el modelo: análisis didáctico (AD). En el tercero presentamos la transcripción de clase que utilizamos para ilustrar nuestro modelo. En el cuarto aplicamos los niveles descriptivos y explicativos al análisis del episodio de clase. Posteriormente mostramos la valoración que hicimos de la experiencia de enseñanza, y finalizamos con algunas reflexiones sobre el modelo implementado. Cabe señalar que en esta contribución nos centramos en el reporte de los primeros 4 niveles del AD y parcialmente en el quinto nivel.

II. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Asumimos que los objetos de la Física (fuerza, masa, peso, energía, etc.) son de naturaleza antropológica y pragmática, es decir que no son entes que preexisten en un mundo ideal, sino que son una construcción humana.

Consideramos que las *situaciones-problema* (SP) son el eje fundamental del desarrollo de la ciencia en general y de la física en particular. Donde una SP [5] es “aquella en la que el sujeto advierte no poseer los conocimientos, habilidades o medios necesarios para comprender o modificar determinado fragmento de la realidad y, al propio tiempo, percibe la posibilidad de encontrar una salida de la situación...” Así pues, al hacer frente a un problema el sujeto pone en juego un sistema de prácticas operativas y discursivas de donde emergen los objetos de la física y sus significados. Donde el significado es todo lo que un sujeto puede hacer, decir y pensar sobre un objeto.

En la Física, ante una situación-problema (SP) del movimiento mecánico, si surge la necesidad de resolver un problema de caída libre, el sujeto puede hacer uso del lenguaje, realizar prácticas operativas y discursivas de los objetos de la física (velocidad, aceleración, tiempo, masa, etc.), de los cuales emergen los objetos físicos (conceptos, leyes, procedimientos, argumentos) y sus significados.

El modelo de AD, que pretendemos ilustrar se presenta originalmente en un marco teórico denominado Enfoque Ontosemiótico de la Cognición e Instrucción Matemática (EOS), pero el alcance del mismo como señalan sus propios autores [1] no se limita sólo a las matemáticas sino que puede ser trabajado en otras disciplinas como la Física, que es lo que se pretende en este trabajo [2]. Con este modelo de AD nos proponemos a partir de un análisis multifacético, describir y explicar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Física en el aula escolar. Con esta intención, se han desarrollado cinco niveles para el análisis didáctico del proceso de estudio, los cuales presentamos enseguida:

El modelo de análisis didáctico consta de 5 niveles:

- a) Identificación de prácticas físicas.
- b) Identificación de objetos físicos y procesos
- c) Descripción de conflictos
- d) Identificación de normas
- e) Valoración de la idoneidad didáctica del proceso de enseñanza

Enseguida expondremos los niveles del modelo de análisis didáctico.

A. Nivel 1: Identificación de prácticas físicas

Con respecto al sistema de prácticas asumimos lo establecido por Godino y Batanero [1] como: “toda actuación o expresión (verbal, gráfica, etc.) realizada por alguien para resolver problemas matemáticos, comunicar a otros la solución obtenida, validarla o generalizarla a otros contextos y problemas”. Las prácticas pueden ser operativas y discursivas, si las prácticas son compartidas por una comunidad (grupo de personas involucradas en una misma clase de situaciones problemáticas), constituyen lo que se denomina: sistema de prácticas institucional de donde emergen los objetos de la física y su significado institucional, si las prácticas son realizadas por un individuo en particular, entonces se considera un sistema de prácticas personal de donde emerge el objeto físico (masa, trabajo, energía, etc.) y su significado personal.

B. Nivel 2: Identificación de objetos y procesos

Prácticamente todo lo que se puede pensar, hacer y decir en la Física, se puede considerar como objetos físicos (procesos, ideas, sucesos) sin embargo al sistema de prácticas desplegadas por el sujeto institucional y personal frente a una *situación-problema* (SP) le anteceden un sistema de prácticas previas como configuraciones de objetos que se consideran primarios intervinientes (objetos primarios): como las *situaciones-problema* (que hemos comentado anteriormente), *lenguaje* (mediante representaciones gráficas, numéricas, analíticas y verbales), *conceptos* (definición de masa, fuerza, velocidad, etc.),

procedimientos (técnicas operativas, algoritmos realizados) leyes y principios (segunda ley de Newton, etc.) y argumentos (justificación para dar validez, al proceso de solución de un problema).

En la figura 1, mostramos la interacción entre objetos físicos y procesos.

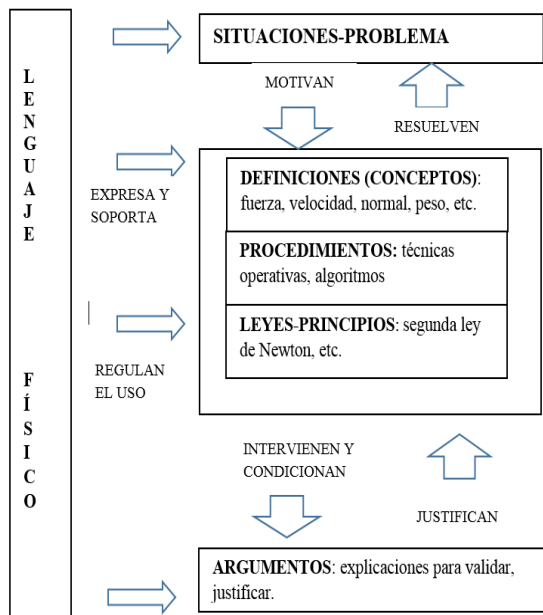


FIGURA 1. Se muestran la configuración de objetos físicos y procesos.

C. Nivel 3: Descripción de conflictos

Trata sobre las interacciones en torno a conflictos de tipo semiótico (epistémico, cognitivo o interaccional) es decir, las disparidades entre los significados atribuidos a una expresión por dos sujetos (personas o instituciones). El conflicto es semiótico-epistémico si la discordancia es entre significados institucionales, semiótico-cognitivo si la disparidad es por las prácticas que forman el significado personal de un mismo sujeto y semiótico-interaccionales si la discordancia es entre las prácticas de dos sujetos distintos en interacción comunicativa.

D. Nivel 4: Identificación de normas

Se considera que los sujetos intervinientes en las actividades de la física en el aula tiene una dimensión social, son individuos que interaccionan entre sí, por ejemplo: el profesor con el grupo de estudiantes o con un subgrupo o con cada uno de los estudiantes y asimismo un estudiante con otro en particular con un subgrupo o con el grupo por lo que se establece una microsociedad para la cual se establecen ciertas reglas de comportamiento que se manifiestan como un conjunto de normas que soportan y condicionan los procesos de estudio, tomando en cuenta los fenómenos de índole social que inciden en los procesos de

enseñanza y aprendizaje de la disciplina. Por ejemplo, una pregunta sería: ¿Qué normas han condicionado el proceso de instrucción?

E. Nivel 5: Valoración de la idoneidad didáctica del proceso de enseñanza

La física educativa no debe limitarse sólo a la descripción, sino contribuir a la mejora del funcionamiento de los procesos de enseñanza. Son necesarios criterios de adecuación que permitan valorar los procesos de enseñanza llevados a cabo realmente para proponer su mejoramiento. El presente nivel se refiere a este análisis de tipo valorativo.

El cual consiste en 6 facetas (*epistémica, cognitiva, afectiva, interaccional, mediacional y ecológica*) que describimos brevemente a continuación: *Epistémica* (grado de representatividad de los significados institucionales implementados o previstos), respecto de un significado de referencia. *Cognitiva* (grado en que los significados pretendidos/implementados estén en la zona de desarrollo potencial de los alumnos (Vygotski, 1934) [6] y proximidad de los significados personales logrados a los significados pretendidos/implementados). *Afectiva* (grado de implicación (actitudes, emociones, intereses y necesidades) del alumnado en el proceso de estudio. *Interaccional* (grado de identificación y solución de conflictos, esto es cualquier disparidad entre sujetos (instituciones o individuos) sobre los significados atribuidos a un objeto) antes, durante y después del proceso de instrucción). *Mediacional* (se refiere a la disponibilidad, adecuación y uso de los recursos materiales y temporales para el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Ecológica* (Trata sobre el nivel de adaptación del proceso de estudio al proyecto educativo, directrices curriculares, condiciones del entorno social. Los contenidos, su implementación y evaluación se corresponden con el currículo, se presenta una apertura hacia la innovación didáctica basada en la investigación y la práctica reflexiva e integración de las TIC).

III. EL EPISODIO

El episodio de Aula (ver su transcripción en la Tabla I) tiene lugar una clase de Física con 3 estudiantes de 21 y 23 años en una Universidad Pública en Hermosillo, Sonora, México. Uno de los autores de esta contribución fue un observador presencial. El profesor tiene 30 años de experiencia docente. La duración del episodio fue aproximadamente de 18:58 minutos y fue audiograbado, ocurre en la semana 16 de clases en la parte final del segundo semestre del año 2014, en la asignatura: didáctica de la física. El profesor plantea un problema escrito sobre fricción, establece que el problema será resuelto primero individualmente y después en grupo. Los estudiantes han cursado asignaturas de física newtoniana: mecánica I y mecánica II. Se supone, por tanto, que tienen los conocimientos y habilidades físicas requeridas para resolver la situación; disponen de internet en sus teléfonos celulares. El enunciado del problema es el siguiente:

Problema: Se tiene un bloque en reposo sobre una mesa con fricción, al cual se le aplica una fuerza F_1 paralela a la superficie de la mesa para moverlo, pero sin lograrlo, después se le aplica una fuerza de magnitud cada vez mayor: F_2 , F_3 , F_4 y sigue en reposo, si comparamos en cada uno de los 4 casos la magnitud de la fuerza aplicada con la fuerza de fricción estática f_s . La situación es debida a que: a) La f_s es mayor que la F aplicada b) La f_s es menor que la F aplicada, c) La f_s es igual que la F aplicada, d) Ninguna de las anteriores. Justifique su respuesta.

TABLA 1. Transcripción del episodio.

<p>Representación escrita del discurso de la clase</p> <p>Simbología: A, C, D son los estudiantes, G: el grupo y Pr el profesor, f_s: fuerza de fricción estática, f_k: fuerza de fricción cinética, F, F_1, F_2: Fuerza aplicada.</p> <p>1. [El Pr presenta el problema transcribiéndolo al pizarrón frente al grupo de estudiantes y leyéndolo]: primero le preguntaré a cada uno de ustedes y después trabajaremos en grupo. Tengo un bloque sobre una mesa con fricción, le aplico una fuerza paralela a la superficie de la mesa de magnitud cada vez mayor: F_1, F_2 y sigue en reposo y después le aplico una F_3 mayor y no logro moverlo, y luego F_4 y sigo sin moverlo. Claro, llegará un momento en que pueda moverlo. [Dirigiéndose a A le pregunta] ¿Por qué crees que no logro moverlo?</p> <p>3. A: No lo mueve porque no puede vencer la fuerza de fricción.</p> <p>4. Pr: [repite lo dicho por A]: no puedo vencer la f_s. Si comparo la f_s con F_1, con F_2, con F_3 ¿cómo será la f_s?</p> <p>5. A: Constante.</p> <p>6. Pr: Por ejemplo, si comparo la f_s con F_2 ¿cómo son en magnitud?</p> <p>7. A: La f_s es mayor.</p> <p>8. Pr: [repite lo dicho por A]: porque la fuerza de fricción es mayor, [y agrega] porque la fuerza de fricción es mayor que la que yo le estoy aplicando y [dirigiéndose a C le pregunta] ¿tú que dices C?</p> <p>9. C: Pues sí, no logras superar la fuerza de fricción con la poquita fuerza que le estás aplicando, es una fuerza de fricción estática.</p> <p>10. Pr.: [Dirigiéndose a otro estudiante le pregunta]: ¿tú que dices D?</p> <p>11. D: También, no supera la fuerza de fricción.</p> <p>12. Pr: Pero si sigo comparando la fuerza de fricción con la que le estoy aplicando, qué es cada vez mayor, ¿cómo es con la fuerza de fricción?</p> <p>13. Pr: [a D que busca en la grabadora una pantalla] “no tiene pantalla es un micrófono”.</p> <p>14. D: Pero yo sí [dirigiéndose a su teléfono celular]. La fuerza de fricción es el coeficiente por la normal y se mantiene constante y todavía no llego a ese valor.</p> <p>15. Pr: Pero, ¿si comparo las fuerzas? Pr [se dirige a todos]: Ya estoy viendo diferencias entre ustedes porque la física que cada uno de ustedes tiene en su cabeza es diferente, aunque estén, en el mismo semestre, estén leyendo los mismos libros. Haber D, la fuerza F_2 que le estoy aplicando con la f_s, si las comparo ¿cómo son? [escribe en el pizarrón para compararlas]</p> <p>16. D: F_2 es menor que la f_s, en magnitud.</p> <p>17. Pr: [Indicando a F_3 en el pizarrón], pregunta ¿también es menor?</p> <p>18. D: ¿No lo está moviendo?</p> <p>19. Pr: No tampoco. [C, interviene sin que se le solicite]:</p> <p>20. C: Pueden ser iguales.</p> <p>21. Pr: Me interesa mucho la opinión de ustedes, ¿qué está pasando allí, entonces?</p> <p>22. Grupo: Pueden ser iguales.</p>

<p>23. C: Si no se mueve está a velocidad cte. Cero. Se empieza a mover con velocidad constante.</p> <p>24. A: Pero tienes que acelerarlo, si está en cero, continúa: otro ejemplo una vez estaban discutiendo en Q-B, cuando tienes una taza en una mesa dices que está en equilibrio, y al momento de jalarla la puedes mover, con un toquecito ligero pero hacia arriba, pero no toman en cuenta que cuando la está jalando hacia arriba estás ayudando a la fuerza normal primeramente, la fuerza que aplicas hacia arriba es la del peso y donde está apoyado ya no tiene normal, pero sin embargo todavía no se mueve”</p> <p>25. Pr: Pero llega un momento en que logran moverlo.</p> <p>26. A: Sí.</p> <p>27. Pr: Pues es lo que pretendemos aquí, por lo que le apliqué una fuerza F_4, y sigo sin moverlo, entonces ¿Que está pasando con mi fuerza aplicada si la comparo con la fuerza de fricción?</p> <p>28. G: Que es menor,</p> <p>29. C: Es menor la F que la f_s.</p> <p>30. Pr: Mientras no lo mueva yo, la f_s es mayor, ¿están todos de acuerdo?</p> <p>31. G: Sí, en magnitud.</p> <p>32. Pr: Haber voy a pedir, que pases tú enfrente, [dirigiéndose a A y a D] [dirigiéndose a P, le dice]: que no se había parado por la clase.</p> <p>33. Pr: Vamos a suponer que P es la f_s y A es la F, tómense de la mano y jálense uno a otro [los estudiantes se toman de una mano a la otra mano y se jalan en sentidos opuestos]</p> <p>34. G: ¡Ay, huuuu!</p> <p>35. Pr: Suponte que A es la F, le aplicas la F_1 y no lo mueves, y le aplicas otra mayor F_2 y F_3 y no lo mueves, significa ¿entonces que la f_s es mayor que tú? Entonces llega un momento en que tú lo jalas y logras moverlo, pero si no, ¿qué pasa? Si tuviéramos un dinamómetro y midiéramos las magnitudes de las fuerzas, ¿será la fuerza de fricción mayor que la fuerza aplicada? [Dirigiéndose a C]</p> <p>36. C: Sí.</p> <p>37. Pr: ¿Cuándo A logra jalar y mover a D?, [dirigiéndose a D]</p> <p>38. D: Cuando la F es mayor que la f_s [risas...]</p> <p>39. Pr. Haber, ¿qué opinan de este experimento?</p> <p>40. A: Que la f_s es igual a la F mientras no lo muevas.</p> <p>41. Pr: Pero es diferente a lo que me estaban diciendo, por ejemplo [Interrupción], suena el teléfono de D] Por favor les voy a pedir que no interrumpamos...</p> <p>42. A: Tú tienes una fuerza pero te están jalando con una, entonces en parte tu no vas a aplicar toda tu fuerza,</p> <p>43. C: Sí ya entendí eso, pero si seguimos pensando en que la f_s es mayor a la F, al aplicarla puedes hacer tu diagrama también puedes verla como la ¿f_s es una reacción? [C pasa al pizarrón y escribe la sumatoria de fuerzas: $f_s - F = 0$] quedaría que el cuerpo se movería para allá y esto no sucede.</p> <p>44. C: Si hacemos la sumatoria de fuerza veríamos que la fuerza se mueve para allá, pero nunca sucede,</p> <p>45. A: No puedes decir que la f_s es mayor porque ¡¡la estaría moviendo hacia el otro lado!! Entonces la ¿f_s es reacción a la F?, entonces si no lo mueves es porque es de la misma magnitud.</p> <p>46. D: Aguanta, sólo estaba pensando en la fuerza de fricción cinética f_k cuando es constante la gráfica, [escribe en el pizarrón, apoyado por los demás] la estática es más grande.</p> <p>47. C: La f_s es mucho mayor que la cinética f_k.</p> <p>48. Pr: En conclusión, la ¿f_s es cada vez mayor que la fuerza que yo le aplico?</p> <p>49. G: ¡Son iguales!, si no se estuviera moviéndose para el otro lado, hacia la fuerza de fricción.</p> <p>50. Pr: Pr: Entonces mientras está en reposo [escribe en el pizarrón: la $f_s = \mu_s N$] entonces, si yo le aplico una fuerza cada vez mayor ¿qué pasa con la fuerza de fricción?</p> <p>51. C: Va aumentando</p>
--

52. Pr: Entonces, si va aumentando ¿está variando la fuerza de fricción estática f_s ?

53. G: Sí.

54. Pr: Entonces si la fuerza de fricción f_s está variando y ésta es en magnitud, igual al coeficiente de fricción estático por la fuerza normal ¿qué es lo que está variando?

55. C: El coeficiente.

56. Pr: ¿El coeficiente, varía?

57. D: No, la normal.

58. C: Entonces ¿está variando el peso?

59. A: Por ejemplo, yo te empujo y no te puedo mover, y te empiezo a empujar más fuerte y sigo sin poderte mover, pero es por poner más resistencia.

60. D: ¿No sería como una suma de vectores eso? [Recibe una llamada y sale del aula], tengo que salir, ya es la una. [A y C siguen en la clase después de la hora de salida]

61. C: Es cierto lo que dice D, es una suma de vectores la f_s es igual a la F .

62. A: No sé, yo no concibo eso.

63. Pr: Estamos comentando la F , para que no se mueva tienen que ser iguales ¿están de acuerdo con eso?

64. G: Sí

65. Pr: Entonces para que no se mueva la f_s está variando porque yo estoy aumentando la F , entonces ¿qué está variando el coeficiente de fricción o la normal? En la próxima clase continuamos con sus respuestas.

IV. ANÁLISIS DEL EPISODIO

Enseguida presentamos nuestros análisis y valoraciones a nivel de conjeturas de lo sucedido en el episodio de aula, considerando los cuatro primeros niveles del AD. Al final de este apartado presentamos una valoración de la idoneidad didáctica

A. Identificación de prácticas físicas

La observación del proceso de estudio nos permite caracterizar el sistema de prácticas operativas y discursivas efectivamente realizadas.

TABLA II. Identificación de prácticas.

A
-Escucha y entiende el enunciado del problema. -Resuelve el problema considerando que la fuerza de fricción estática es mayor. - Después de la analogía experimental cambia de respuesta considerando que la $f_s = F$.
C
- Escucha y entiende el enunciado del problema. -Resuelve el problema considerando que la fuerza de fricción estática es mayor. - Después de la analogía experimental cambia de respuesta considerando que la $f_s = F$.
D
-Escucha y entiende el enunciado del problema. -Resuelve el problema considerando que la fuerza de fricción estática es mayor. - Después de la analogía experimental cambia de respuesta

considerando que la $f_s = F$.
Pr
-Presenta el problema transcribiéndolo al pizarrón y leyéndolo frente al grupo. -Induce a cada uno de los estudiantes a una respuesta. -Induce al grupo de estudiantes a una respuesta -Propone que dos estudiantes “representen” a las fuerzas intervinientes. - Conduce al grupo a una solución en base a las leyes de Newton. - Causa conflicto nuevamente al grupo al considerar que si varía la F , entonces qué es lo que varía de f_s .

B. Identificación de objetos y procesos

En el proceso de resolución del problema tratamos de detectar en los sujetos participantes los objetos que desde nuestra perspectiva didáctica se manifiestan.

TABLA III. Identificación de objetos físicos.

<i>Lenguaje</i>
-A: (verbal) fuerza de fricción, fuerza aplicada, constante, mayor -C: (verbal) fuerza de fricción, fuerza aplicada mayor, iguales, peso, (simbólico) f_s , F , -D: (verbal) fuerza de fricción, fuerza aplicada, mayor, (simbólico) f_k -Pr: (verbal) fuerza de fricción, fuerza aplicada, mayor, iguales, fuerza Normal, coeficiente de fricción estático (simbólico) f_s , F , μ_s , N
<i>Conceptos</i>
-A: fuerza de fricción, constante, mayor. -C: fuerza de fricción, fuerza de fricción estática, mayor, igual, velocidad constante, fuerza de fricción cinética, peso. -D: fuerza de fricción, coeficiente, normal, magnitud, movimiento, suma, vectores. -Pr: Fuerza aplicada, fuerza de fricción, coeficiente, coeficiente de fricción estático, normal, magnitud, movimiento.
<i>Proposiciones</i>
-A: la fuerza de fricción es mayor. -C: la fuerza de fricción es mayor. Es una sumatoria de fuerzas. La f_s es mayor que la cinética f_k . -D: la fuerza de fricción es mayor, la fuerza de fricción es el coeficiente por la normal, es una suma de vectores.
<i>Procedimientos</i>
-A: establece una analogía experimental, como jalar una taza pero no levantándola. -C: escribe en el pizarrón: $f_s - F = 0$. -D: sugiere una suma de vectores (pero no lo aplica). -Pr: escribe en el pizarrón: f_s y F para compararlas.
<i>Argumentos</i>
-A: No lo mueve porque no puede vencer la fuerza de fricción. No puedes decir que la f_s es mayor porque ¡¡la estaría moviendo hacia el otro lado!! -C: Pueden ser iguales, Si no se mueve está a velocidad cte., cero. Se empieza a mover con velocidad constante. La f_s es una reacción. -D: La fuerza de fricción es el coeficiente por la normal y se mantiene constante y todavía no llego a ese valor. F_2 es menor que la f_s , en magnitud.

TABLA IV. Identificación de procesos

A	- Inicialmente se queda a nivel perceptible no logra pasar de la <i>materialización</i> a la <i>idealización</i> (teoría física) (3-31).
C	- Inicialmente se queda a nivel perceptible no logra pasar de la <i>materialización</i> a la <i>idealización</i> (teoría física) (3-31). - Proceso de <i>generalización</i> cuando considera que se puede realizar una suma de fuerzas aplicando la segunda ley de Newton [43].
D	- Inicialmente se queda a nivel perceptible no logra pasar de la <i>materialización</i> a la <i>idealización</i> (teoría física) (3-31). - Proceso de <i>generalización</i> cuando considera que se puede realizar una suma vectorial.
Pr	-Materialización-experimentación-idealización (teoría: Segunda ley de Newton, suma de fuerzas).

C. Descripción en torno a conflictos

En el proceso mostrado se generan conflictos que es necesario considerar.

TABLA V. Interacciones en torno a conflictos.

Conflicto cognitivo 1: A, C y D no logran convencerse de la fs sea mayor que la F (40). Conflicto cognitivo 2: Surge otro conflicto en A, C y D (54-57) Conflicto cognitivo 3: No logran A, C y D saber, qué es lo que varía de la fs al aumentar F. (57-65). Conflicto cognitivo 4: de A (62).
Conflicto epistémico 1: inicialmente no aplican las leyes de Newton. [3-31]. Conflicto epistémico 2: resuelto (48, 49)
Conflicto interaccional 1: al interrumpir con el teléfono (41).

D. Identificación de normas

En el proceso de estudio es pertinente considerar ciertas reglas de comportamiento para mejorar el proceso de estudio en el aula escolar.

TABLA VI. Interacciones de normas.

Pr: -N1. No interrumpamos. Disciplina en el aula (41). -N2. Las clases son para asistir (32). -N3. Norma Epistémica: La física que cada uno de ustedes tiene en su cabeza es diferente (15). - N4. Norma afectiva (21). -N5. Norma interaccional (39).
D: -N6. Cumplir con la puntualidad (60).
A: -N7. Norma actitudinal (60).
C: -N7. Norma actitudinal (60).

Por la identificación de prácticas, objetos y procesos, conflictos y normas, presentamos a nivel global algunos
Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 11, No. 2, June 2017

análisis para posibles mejoras en la instrucción del tema, en relación a lo que denominamos la *idoneidad didáctica*. En lo *epistémico*, para valorar si la física que se enseñó es una “buena física”, nos referiremos a la acción (50) Pr: Entonces mientras está en reposo [escribe en el pizarrón: la magnitud de la fuerza de fricción estática: $f_s = \mu_s N$ (se debió aclarar que la fórmula empírica se refiere a la magnitud de la fuerza de fricción estática máxima $f_{sMáx}$ antes de poner en movimiento el bloque). Cuando continúa: entonces, si yo le aplico una fuerza cada vez mayor ¿qué pasa con la fuerza de fricción? En un momento dado preguntarse si ¿vale la fórmula para $f_s < f_{sMáx}$? En relación a la acción (65) Pr: Entonces para que no se mueva la fs está variando porque yo estoy aumentando la F, entonces ¿qué está variando el coeficiente de fricción o la normal?, pudo haber agregado o ¿ninguna de las dos?

También establecer en algún momento del desarrollo de la situación la orientación de los estudiantes hacia el modelo: $f_{sMáx} = \mu_s N$ considerando que esta es una ley aproximada para las fuerzas y que incluye un comportamiento electromagnético de las fuerzas elementales de contacto que se ponen de manifiesto entre las irregularidades de las superficies que dan lugar a la fricción entre estas. Asimismo, sugerir a los estudiantes, para una mejor comprensión de la fuerza de fricción, la consulta de [7, 8, 9].

En lo *cognitivo*, para valorar antes de iniciar el proceso de instrucción, si lo que se quiso enseñar estuvo a una distancia razonable de lo que sabían los estudiantes y, si después del proceso, los aprendizajes logrados se acercaron a los que se pretendían enseñar, nos referiremos a la acción (43) cuando el estudiante C, argumenta tratando de usar erróneamente la tercera ley de Newton, el Pr, podía haber preguntado si la ¿fs es una reacción a la F? o si ¿aplicar la tercera ley de Newton es apropiada para esta situación? Por otra parte, cuando escribe: $f_s - F = 0$, también pudo preguntar que significaría que ¿ $f_s - F > 0$?

En lo *afectivo*, para valorar la implicación (interés motivación) de los alumnos en el proceso de enseñanza el grupo se mostró muy participativo en la sesión de clase, motivados en encontrar las mejores respuestas, las interacciones fueron frecuentes para intercambiar ideas, argumentar, pasar al pizarrón, escribir en sus cuadernos. Cabe señalar que el profesor fue un conductor de las actividades de los estudiantes, mediante preguntas y respuestas, que se intercambiaban en el grupo como se evidencia en la descripción del episodio. Al final de la clase dos estudiantes mantuvieron la conversación sobre el tema con el profesor.

En lo *interaccional*, para valorar si la interacción ha resuelto dudas y dificultades de los estudiantes, aunque el grupo (49) coincide en que las fuerzas son iguales en magnitud mientras el bloque esté en reposo, vuelven a surgir dudas sobre el comportamiento de la fuerza de fricción estática (aunque se omite máxima), cuando aumenta la magnitud de la fuerza aplicada.

En lo *mediacional*, para valorar la adecuación de recursos materiales y temporales utilizados en el proceso de instrucción, con respecto al uso del tiempo fue el adecuado y el material de apoyo fueron cuadernos, pizarrón y gis, los

cuales fueron usados tanto por los estudiantes como por el profesor.

En lo *ecológico* para valorar la adecuación del proceso de enseñanza a las directrices curriculares, en esta dirección se realizó una sesión de clase cuyo propósito además de estudiar el conocimiento físico, fue que “vivieran” una clase activa, donde el proceso no se reducía a recibir información de un profesor, transcribirla y repetirla.

V. CONCLUSIONES

El Análisis Didáctico es un modelo teórico que nos permite describir, analizar y valorar para hacer propuestas de mejora de los sucesos que se dan en el aula escolar respecto a un objeto de estudio. Como en este caso, podemos conjeturar: para los estudiantes la Física son fórmulas y en los cuales la comprensión de las mismas dista de los significados institucionales, así pues, en el episodio tratado inicialmente prevalece lo perceptible sobre el conocimiento físico teórico al asumir que la $f_s > F$. También logran en cierto momento considerar que son iguales en magnitud (f_s y F), pero al no saber argumentar vuelven a responder que la f_s es mayor que la F , dejando de lado por ejemplo la segunda ley de Newton, por lo anterior concluimos que al pretender resolver el problema, en los estudiantes se manifiesta un conflicto cognitivo basado en un obstáculo que podemos denominar cultural, por la enseñanza recibida: dados unos datos obtener siempre un resultado numérico o algebraico, una fórmula general. También se manifiestan obstáculos de tipo epistemológico en el sentido de que en la evolución del conocimiento físico, ciertas concepciones erróneas se manifiestan a nivel del individuo, por ejemplo relacionar la fuerza con la velocidad (para que un cuerpo se mantenga en movimiento necesariamente se necesita aplicarle una fuerza). Algunos de estos obstáculos son debidos al tipo de enseñanza impartida por los profesores de Física, por el uso de libros de texto que no contextualizan correctamente los conceptos físicos y por los errores conceptuales encontrados en los mismos [10], entre otros tipos de causas. Saber Física es saber fórmulas y no construirlas, por lo que presentan argumentos y procedimientos fuera del contexto del problema trabajado.

Por lo que prevalecen las variables perceptibles e intuitivas sobre los principios y leyes de la Física.

Es necesario romper con el enfoque cultural de la enseñanza de la Física que la reduce a resultados numéricos y fórmulas alejados de una comprensión conceptual de los conocimientos de la Física.

REFERENCIAS

- [1] Font, V., Planas, N., Godino, J., <http://www.ugr.es/~jgodino/eos/modelo_anadida_25junio09.pdf>, Consultado el 10 de diciembre 2015.
- [2] Ragout de Lozano, S. *Enseñanza de la física en el nivel medio: un estudio de caso sobre el uso de situaciones muy idealizadas como ejemplos*, Cad. Cat. Ens. Fis. **1**, 32-39 (1995).
- [3] Benegas, J., Pérez de Landazábal, M., Otero, J., *Estudio de casos: conocimientos físicos de los estudiantes cuando terminan la escuela secundaria: una advertencia y algunas alternativas*, Revista Mexicana de Física **56**, 12-21 (2010).
- [4] Massoni, N., Moreira, M., *Un enfoque epistemológico de la enseñanza de la Física: una contribución para el aprendizaje significativo de la Física, con muchas cuestiones sin respuesta*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **2**, 283-308 (2010).
- [5] Valdés, P., Sifredo, C., Núñez, J., Valdés, R., *El Proceso de Enseñanza- Aprendizaje de la Física en las Condiciones Contemporáneas*, (Academia, La Habana, 1999).
- [6] Vygotsky, L., *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, (Crítica-Grijalbo, Barcelona, 1934).
- [7] French, A., *Mecánica Newtoniana*, (Reverté, Barcelona, 1974).
- [8] Feynman, R., Leighton, R; Sands, M., *Física Feynman volumen 1*, (Addison Wesley Longman, México 1998).
- [9] Serway, R., Beichner, R., *Física tomo 1*, (McGraw-Hill, México, 2000).
- [10] Slisko, J. *Errores en los libros de texto de física: ¿cuáles son y por qué persisten tanto tiempo?*, Revista Electrónica Sinéctica **27**, 13-23 (2005).