

***Práctica experimental para comprobar el movimiento
dependiente en una polea móvil, orientado a la enseñanza
de las Leyes de Newton***

José Luis Saquinaula Brito, MSc. - Universidad Estatal de Milagro -

jsaquinaulab@unemi.edu.ec

Marcos Francisco Guerrero Zambrano, Mg. - Universidad Estatal de Milagro -

mguerreroz@unemi.edu.ec

Jhonny Darwin Ortiz Mata, Mg. - Universidad Estatal de Milagro -

jortizm2@unemi.edu.ec

Espirales revista multidisciplinaria de investigación

ISSN: 2550-6862

Vol. 2 No. 12

Enero 2018

RESUMEN

El propósito de esta investigación es desarrollar en los estudiantes el cambio conceptual utilizando el constructivismo en el estudio de la unidad de leyes de Newton, con la ayuda de una práctica experimental. La metodología como se ha estado enseñando la Física en los cursos de bachillerato, ha llevado a que los estudiantes una vez que culminen sus estudios secundarios tengan problemas para la aprobación de los cursos propedéuticos y continuar con los de nivel universitario, debido a la poca preparación en esta rama de la ciencia. El diseño de nuestra práctica de laboratorio pretende erradicar las antiguas prácticas experimentales, en las cuales se limita al estudiante a seguir una "guía de laboratorio" tipo receta de cocina que no despierta en el estudiante su propia creatividad, imaginación y criterio, sino que con los implementos de laboratorio dados por el docente, el estudiante desarrolle su propia estrategia para responder lo que se le plantea en la práctica experimental.

Palabras clave: Cambio conceptual, Práctica experimental, Cognoscitivo, Constructivismo.

1. INTRODUCCIÓN

Nuestro sistema educativo “que solo fomenta la memorización” provoca una pobre conceptualización y bajo nivel del proceso de pensamiento, que se pone de manifiesto al resolver ejercicios repetitivos sin fomentar en los estudiantes un nivel alto de integración y pensamiento crítico. También existen otros factores que intervienen en el bajo rendimiento académico como las experiencias físicas diarias, lenguaje de la calle que con el uso diario se pierde el significado de las palabras e incluso los errores conceptuales que tienen algunos libros, manteniendo algunas ideas aristotélicas, que generan en los estudiantes concepciones alternativas que luego es muy difícil de corregir, en especial en el estudio de la Física (Carrascosa, 2005).

La Física estudia la naturaleza, y como tal es necesario que la enseñanza de esta ciencia no se limite solo a la resolución de problemas en el papel, sino a realizar la parte experimental para que el estudiante tome conciencia de los modelos conceptuales y matemáticos cuando resuelve un ejercicio de Física. Por tal motivo, en la mayoría de los docentes se tiene el mal concepto de que las prácticas de laboratorio son un simple apoyo didáctico de las clases teóricas, olvidando de que la Física es una ciencia experimental, donde el estudiante no cree ciegamente en las respuestas de un libro, sino que el análisis de los datos obtenidos de la experimentación desarrollan en el estudiante el cambio conceptual necesario para comprender la Física. No olvidar que la experimentación es la actividad formal para obtener respuesta a una pregunta formulada teóricamente (Martínez, 2004).

El trabajo presentado corresponde a la culminación de maestría en la enseñanza de la Física realizado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL-Ecuador.

Concepciones alternativas

Las concepciones alternativas son el conjunto de conocimientos contruidos espontáneamente por los estudiantes que difieren del conocimiento científico. Son construcciones mentales elaboradas con el propósito de dar respuesta a un fenómeno de la naturaleza (Aguilar, Maturano & Nuñez, 2007). El origen de estas concepciones en el campo de la Física se debe a muchas causas, las más significativas son: el lenguaje de la calle, que por mal uso se pierde el verdadero significado de las palabras, la forma tradicional de enseñanza que prioriza la memorización e incluso los errores conceptuales que tienen algunos

libros, manteniendo ciertas ideas aristotélicas, generan estos errores conceptuales que son difíciles de corregir (Carrascosa, 2005).

Cambio conceptual

Los investigadores en educación concuerdan en que uno de los puntos importantes en la enseñanza tiene que ver con las concepciones alternativas. Existen varios modelos de cambio conceptual que hablan acerca de cambiar o por lo menos disminuir las ideas previas que tienen los estudiantes acerca de un tema en particular, y llevarlas a un nivel de concepción científica. La esencia del cambio conceptual radica en que estos nuevos conceptos formen una teoría mejorada, la cual debe permitir una respuesta más acertada al analizar e interpretar un fenómeno de la naturaleza (Mahmud & Gutiérrez, 2010).

A continuación se presenta una tabla que concreta las diversas definiciones en el grado del cambio conceptual según las diversas tendencias:

Tabla 1: Modelos importantes del cambio conceptual

| MODELO | ESCUELA | ESTRUCTURA |
|--------------------------|--|--|
| Reestructuración radical | Constructivismo de Jean Piaget, Strike y Posner (1982) | El aprendizaje es una actividad racional. Lo importante es reemplazar completamente las viejas concepciones y generar nuevas estructuras cognitivas. |
| Modelo Ontológico | Cambio conceptual de Chi y sus colaboradores (1992) | Cualquier proceso que modifique alguna concepción alternativa existente para llevarlo a una concepción científica |
| Teoría Marco | Vosniadou (1994) | Modificar la estructura mental (representaciones dinámicas y generativas) para lograr el cambio conceptual es de manera gradual. |

Desarrollo cognitivo

Es todo proceso de transformación en la vida de una persona, que lleva a aumentar los conocimientos y habilidades para percibir, pensar y comprender con la finalidad de resolver problemas. Esto lo logra el individuo de manera espontánea ya que se trata de un proceso natural (Chávez, 2010). Una de las mejores teorías que explican el desarrollo cognitivo es la propuesta por el psicólogo suizo Jean Piaget. Creador de

un sistema teórico completo donde analiza todas las facetas del desarrollo cognitivo humano.

Jean Piaget dividió su teoría del desarrollo cognitivo del ser humano en cuatro grandes categorías enfocado a los procesos mentales que intervienen en el aprendizaje a los cuales los llamo estadios de desarrollo (Martínez, 1999).

Estadio Sensoriomotor, analiza la etapa del niño durante sus dos primeros años en que las acciones que realizan sobre él le ayudan a comprender. Además los reflejos innatos darán pasos a esquemas cada vez más complejos.

Estadio Preoperatorio, ocurre en niños de dos a seis años, ellos usan representaciones en lugar de acciones intuitivas para resolver un problema, es decir empieza a utilizar símbolos a través del lenguaje, la imitación y las representaciones dramáticas.

Estadio Operación concreta, a partir de los seis años hasta aproximadamente los doce años el niño va mejorando en la capacidad de coordinar sus representaciones desarrolladas en la etapa preoperatorio pensando de una manera lógica (Calero).

Estadio de operación formal, después de los doce años hasta la edad adulta aparece el pensamiento lógico formal, verifica hipótesis y tiene la capacidad de pensar de manera abstracta (Chávez, 2010).

Constructivismo

La teoría constructivista constituye "una postura filosófica que entiende al conocimiento humano como un proceso de construcción cognitiva llevada a cabo por los individuos que tratan de comprender el mundo que los rodea" Desde el punto de vista educativo el principal aporte de esta teoría es que la persona no solo recepta información de manera pasiva sino que el mismo es constructor activo de su conocimiento. La persona debe socializar, organizar y extrapolar los significados que va conociendo (Chadwick, 2001).

El enfoque constructivista en la educación de hoy la podemos clasificar de cuatro maneras: constructivismo radical, cognitivo, socio cultural y social.

Tabla 2: Tipos de Constructivismo en la Educación

| TIPO | ESCUELA | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------------|----------------------------------|--|
| Constructivismo radical | Von Glasersfeeld | El conocimiento está exclusivamente en la mente de las personas y solo tiene la opción de construir su conocimiento sobre la base de sus propias experiencias previas. |
| Constructivismo cognitivo | Jean Piaget | Construcción del conocimiento es individual y de manera permanente |
| Constructivismo socio cultural | Lev S. Vygotsky | El factor social juega un papel importante en la construcción del conocimiento. |
| Constructivismo social | Thomas Luckman y Peter L. Berger | La realidad depende del proceso de intercambio social. Desde este punto de vista la realidad refleja las relaciones entre los individuos y su cultura |

Práctica de Laboratorio

Es curioso tratar de comprender que por lo general los docentes al preparar su plan de clases con las actividades del año no le dan la importancia debida a las prácticas de laboratorio. Su preocupación principalmente es el análisis teórico que están llevando al olvido el hecho de que la física es una ciencia basada en la observación y la experimentación.

Hasta la década de los cincuenta la enseñanza en el laboratorio se centró principalmente en actividades verificativas que se habían discutido en la clase teórica o planteada en los libros. Hasta mediado de los noventa se decía que los trabajos de laboratorio tenían como objetivos principales los siguientes puntos: (a) generar motivación, (b) comprobar teorías, (desarrollo de destrezas cognitivas) (Moreira, Caballero & Flores, 2009).

La realidad es que no se aprovecha el potencial que tiene trabajar en el laboratorio por la manera como se las lleva a cabo. El estudiante tiene que seguir instrucciones detalladas como un recetario de cocina y obtener resultados y toda su atención está en manipular instrumentos.

Se debería plantear una nueva manera en que guiado por el profesor el estudiante analice y manipule los equipos y que sea el mismo quien decida cuál sería la mejor manera de obtener los resultados.

Todo esto conduce a desconocer lo que es aprender el cuerpo teórico de las ciencias, sus metodologías y relacionarlos con los resultados de laboratorio y de esta manera formar sólidamente sus estructuras mentales.

Tabla 3: Estilo de enseñanza en el laboratorio

| AUTOR | TIPO DE LABORATORIO | BREVE DESCRIPCIÓN |
|-----------------------|---|---|
| Domin | Estilo expositivo | Modelo tradicional: se usa un manual con un procedimiento tipo "receta de cocina" y resultados predeterminados. |
| | Estilo por descubrimiento | El procedimiento es dado al estudiante y el resultado es predeterminado. |
| | Estilo indagativo. | Permite al estudiante generar el procedimiento y encontrar un resultado indeterminado. |
| | Estilo de resolución de problemas. | El estudiante genera el procedimiento y el resultado del trabajo es predeterminado. |
| Moreira y Levandowski | El laboratorio programado | Es altamente estructurado |
| | El laboratorio con énfasis en la estructura del experimento | Se centra en el diseño de experimentos. |
| | El laboratorio con enfoque epistemológico. | Se basa en el uso heurístico de la V de Gowin para la resolución de problemas. |
| Kirschner | El laboratorio formal o académico. | Es el laboratorio tradicional, estructurado, convergente y verificativo. |
| | El laboratorio experimental. | Es abierto, inductivo, orientado al descubrimiento, con proyecto no estructurado, se aborda un problema que rete al estudiante y que sea resoluble dentro de sus posibilidades. |
| | El laboratorio divergente | Es una fusión entre el laboratorio académico y el experimental; se maneja una información básica general y el resto se deja de manera abierta con varias posibilidades de solución. |

2. METODOLOGÍA

En términos generales, la metodología consistió en realizar una práctica experimental con enfoque constructivista basado en las leyes de Newton con la finalidad de mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, principalmente el nivel conceptual de esta rama de la Física. Se analizaron las calificaciones antes y después de realizar la práctica de laboratorio mediante una prueba que midió la profundidad conceptual y matemática y observar un cambio significativo en la enseñanza.

El desarrollo de las actividades de laboratorio se basó en un enfoque tradicional junto con preguntas que desarrollaron su propia capacidad de realizar modificaciones al sistema y culminar con las preguntas del manual. Por ejemplo:

Pasos tradicionales como: realice el montaje, tomar datos y llene la tabla correspondiente.

Tabla 4: Tabla para toma de datos de Laboratorio

| | Masa (g) | Aceleración (m/s ²) |
|--------------------------|----------|---------------------------------|
| Carrito | | |
| Carrito + masa 1 | | |
| Carrito + masa 1+ masa 2 | | |

Además se realizaron preguntas tales como:

- Si de la parte baja del plano inclinado se le diera una velocidad inicial al carrito. ¿el resultado de la aceleración habría cambiado? Explique.
- Según los resultados experimentales ¿la dirección de la aceleración guarda relación directa con la fuerza resultante o con la dirección de movimiento? Explique.

Donde el estudiante tiene que analizar si tiene que modificar en algo el sistema para responder la pregunta conceptual.

Sujetos

En la investigación, los sujetos de estudio fueron estudiantes de segundo ciclo de la carrera de sistemas de una universidad ecuatoriana. La edad de los estudiantes se encuentra entre los 18 y 22 años. El total de participantes fue de 10 estudiantes; 5 estudiantes del género femenino y 5 estudiantes del género masculino. Se tuvo la ayuda de un docente de la materia de física con la finalidad de mejorar la tarea instruccional mediante prueba de ensayo y error.

Tarea instruccional y materiales

El trabajo de investigación se lo realizó en dos intervenciones con sus respectivas tareas instruccionales con la finalidad de mejorar la intervención y obtener un mejor rendimiento académico de los estudiantes en el estudio de las leyes de Newton.

Primera intervención

Los participantes en la primera intervención fueron 5 estudiantes universitarios de la carrera de sistemas con la ayuda de un catedrático de la materia de física. La edad de los jóvenes se encuentra entre los 18 y 22 años.

Para este estudio la tarea instruccional que se seleccionó fue la unidad de leyes de Newton para emplearlo en una práctica de laboratorio. El prototipo consiste en un Kit de Mecánica. La revisión de la prueba de entrada – salida y de la utilización del prototipo fue de una hora y treinta minutos para el grupo de estudiantes.

Durante la primera intervención se realizaron las siguientes actividades:

- a) Entrega a los estudiantes la prueba de entrada que consiste de ocho preguntas acerca de las leyes de Newton con opciones múltiples. Finalizada la prueba se tomó en cuenta las recomendaciones de los participantes para mejorar la prueba.
- b) Entrega al catedrático de la prueba de entrada – salida con el objetivo de acoger sus sugerencias en lo que tiene que ver a la estructura de las preguntas y posibles errores de semántica. De esta manera, validamos y mejoramos la prueba.
- c) Entrega al catedrático del prototipo de la práctica de laboratorio junto con el plan de clases, con el propósito de que realicen la práctica siguiendo los lineamientos del manual de instrucciones. De esta manera corregir posibles errores y validar la tarea instruccional.

Segunda intervención

Los participantes en la segunda intervención fueron 10 estudiantes universitarios de la carrera de sistemas de una universidad ecuatoriana de distintos géneros y cuyas edades se encuentran entre los 18 y 22 años. Para este estudio la tarea instruccional que se seleccionó fue la unidad de leyes de Newton para emplearlo en una práctica de laboratorio. El prototipo consiste en un Kit de Mecánica. La tarea instruccional ha sido mejorada en base a las sugerencias y recomendaciones por parte de los

estudiantes y el docente que participaron en la primera intervención para su posterior aplicación al nuevo grupo de estudiantes.

Durante la segunda intervención se realizó las siguientes actividades:

- a) Entrega a los estudiantes la prueba de entrada que consiste de ocho preguntas acerca de las leyes de Newton con opciones múltiples. La prueba tiene una duración de 40 minutos con el propósito de conocer las concepciones alternativas de los participantes.
- b) Entrega a los estudiantes del Kit de mecánica junto con el respectivo manual de la práctica. Debido a que se trata de un prototipo los grupos de trabajo están conformados por dos estudiantes los cuales guiados por el investigador deben responder las actividades señaladas en el manual con una duración de dos horas.
- c) Entrega a los estudiantes la prueba de salida y comparar de manera individual estos resultados con los obtenidos en la prueba de entrada para analizar las mejoras en el cambio conceptual y rendimiento académico de los participantes.

Variables o categoría de análisis

Las variables utilizadas en esta investigación son las siguientes:

- Variable independiente: Uso de una práctica de laboratorio con aprendizaje constructivista.
- Variable dependiente: Rendimiento académico de los estudiantes.

Análisis de datos

Para el análisis de datos se realizó una prueba estadística del rendimiento académico apoyado en la T pareada de Student y la ganancia de Hake, con nivel de significación de 0,05.

3. RESULTADOS

Análisis de la Prueba de entrada – salida

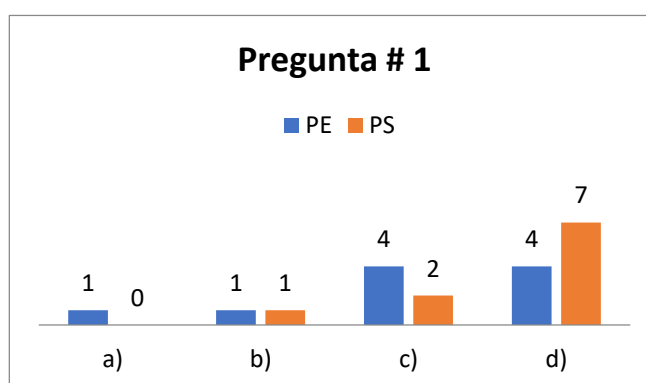
La prueba diseñada que se encuentra en el anexo 1, consta de ocho preguntas conceptuales referente a las leyes de Newton. Cada una de ellas con opción múltiple y además teniendo que justificar el porqué de su respuesta. De esta forma podemos recopilar información valiosa de las concepciones alternativas. Cada una de las gráficas a continuación

muestra el antes (PE) y el después (PS) de aplicar la práctica de laboratorio así como algunas de las justificaciones más relevantes de los estudiantes con relación a la prueba de entrada.

Pregunta # 1

La primera pregunta hace referencia al concepto de fuerza. El motivo de esta pregunta radica en que por su mal uso a diario va perdiendo con el tiempo el significado físico correcto. Las respuestas seleccionadas por los participantes se encuentran en la figura 1.

Figura 1: Respuestas de los participantes respecto a la primera pregunta



Notamos que el porcentaje de eficiencia antes y después de aplicar la instrucción se incrementó de un 40% a un 70%. La respuesta de la pregunta es la opción d) y las justificaciones más relevantes de los estudiantes fueron:

"La a) porque para mí, para que un objeto tenga movimiento tiene que tener una presión o una fuerza".

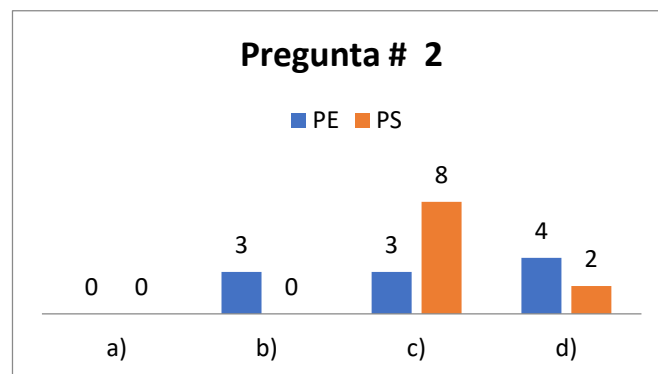
"Para mí la c), porque si nos acordamos de la definición fuerza es igual a masa por aceleración".

"Creo que d) porque en la fórmula de fuerza tenemos masa por aceleración y dice cualquier influencia tendiente a acelerar los cuerpos. La aceleración es un cambio de velocidad".

Pregunta # 2

La pregunta hace referencia a la importancia del diagrama de cuerpo libre. El motivo de esta pregunta es porque existen muchas falencias en los estudiantes al representar gráficamente las interacciones del objeto con el entorno.

Figura 2: Respuestas de los participantes respecto a la segunda pregunta



Hubo un incremento en la eficiencia de los estudiantes pasando de un 30% al 80%. La respuesta de la pregunta es la opción c) y las justificaciones más relevantes de los estudiantes fueron:

"Es b), al bloque se le aplica la F para que no se caiga y la fuerza del plano inclinado".

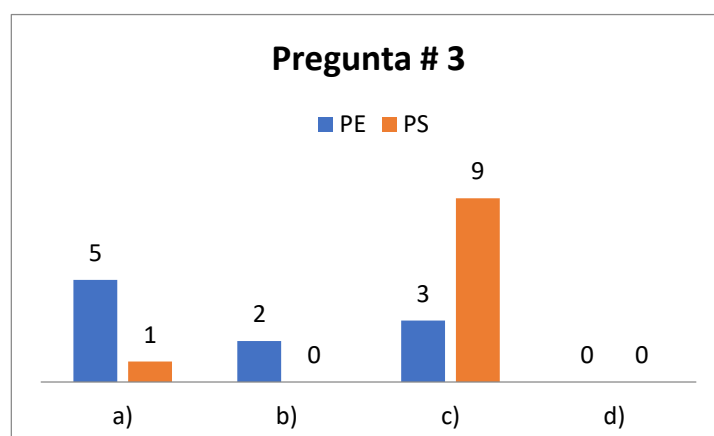
"La c), existen el peso, la fuerza de la cuña y la fuerza del hombre F ".

"La d) porque en la fórmula de fuerza tenemos masa por aceleración y dice cualquier influencia tendiente a acelerar los cuerpos. La aceleración es un cambio de velocidad".

Pregunta # 3

La pregunta hace referencia al movimiento por un plano inclinado liso. El motivo de esta pregunta es porque creen que la aceleración va a depender de la masa del objeto o de la velocidad del impulso inicial.

Figura 3: Respuestas de los participantes respecto a la tercera pregunta.



Notamos un incremento en la eficiencia del 60% para esta pregunta cuya respuesta es la c). A continuación el porqué de sus respuestas:

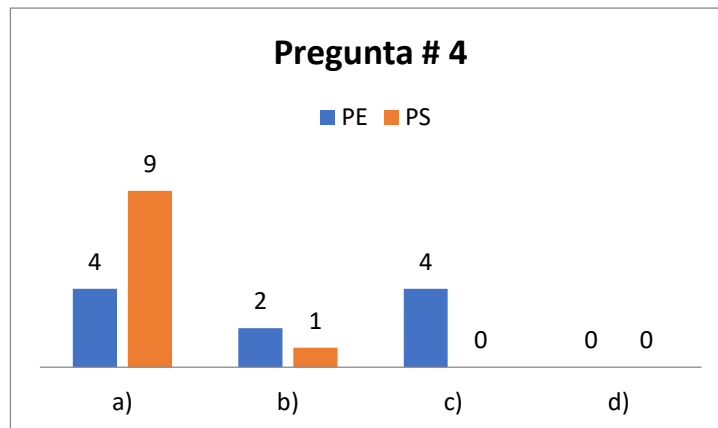
"la esfera con menos masa viajará con mayor aceleración marco la a)".

"creo que la c), no importa la masa ya que la aceleración de la gravedad es la misma".

Pregunta # 4

La pregunta hace referencia a la segunda ley de Newton. El motivo de esta pregunta radica en que como la aceleración puede ir en contra del movimiento, se piensa de manera errónea que también puede ir en dirección opuesta a la fuerza neta.

Figura 4: Respuestas de los participantes respecto a la cuarta pregunta.



La respuesta de este tema es la a) y observamos un incremento significativo del 40% al 90%. Los justificativos de algunos estudiantes fueron:

"La a, si el movimiento es hacia la derecha la aceleración también".

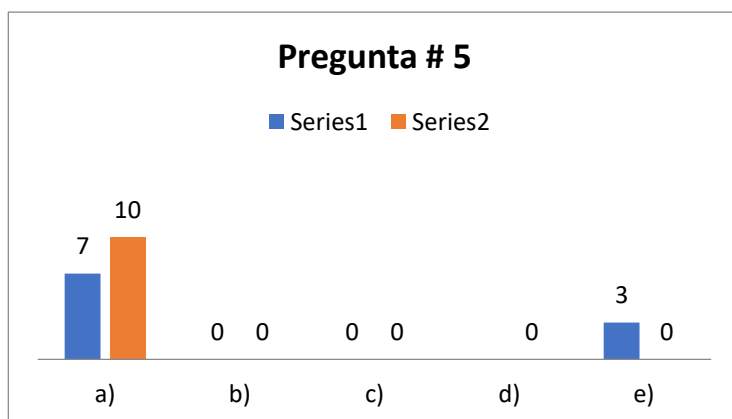
"La c, solo puedo asegurar que viaja a la derecha porque la fuerza total es para allá".

"La b, como hay fricción tiene que ir desacelerado y su aceleración es a la izquierda."

Pregunta # 5

Esta pregunta hace referencia al cálculo de la fuerza resultante. El motivo de elaborar esta pregunta es porque muchos alumnos confunden la definición real de aceleración con la que se le explica previamente en cinemática.

Figura 5: Respuestas de los participantes respecto a la quinta pregunta.



Al parecer a todos los estudiantes les quedó claro está pregunta al marcar correctamente la opción a). Los comentarios de algunos de ellos son los siguientes:

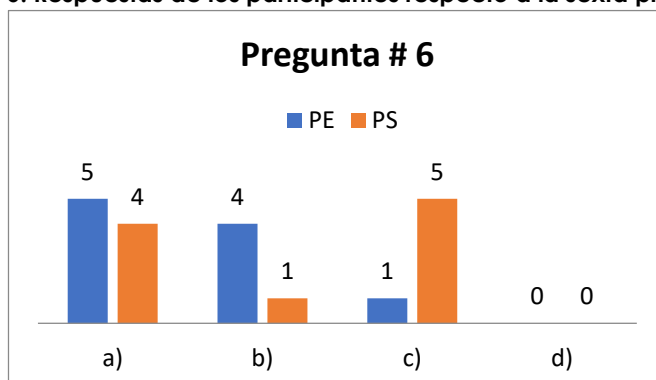
"Para calcular la fuerza neta me falta la fuerza F la respuesta es e)".

"Solo depende de la masa y la aceleración para mí a)".

Pregunta # 6

Esta pregunta hace referencia a un sistema de dos objetos con polea móvil. El motivo de este tema radica en que no se habla mucho acerca de este tipo de sistemas en donde el movimiento es dependiente uno del otro pero tienen diferente aceleración.

Figura 6: Respuestas de los participantes respecto a la sexta pregunta.

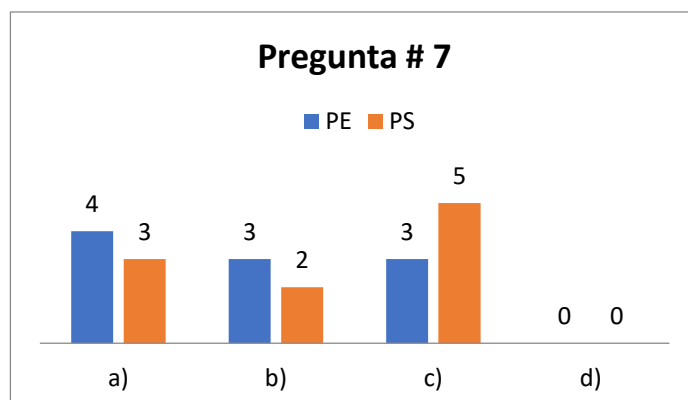


En esta pregunta los jóvenes supieron manifestar que en sus colegios no analizaron este tipo de ejercicios. Las respuestas las marcaron por simple intuición. Se observa que la eficiencia se mantiene en un 50%.

Pregunta # 7

Esta pregunta tiene que ver con la anterior y el motivo es debido a que en los colegios la mayoría de los ejercicios son con objetos unidos por la misma cuerda dándole a ellos la misma aceleración. Tratamos de ver como ellos de manera razonada podrían resolver un sistema con diferentes aceleraciones.

Figura 7: Respuestas de los participantes respecto a la séptima pregunta.



En este tema la respuesta correcta es la c) y notamos un incremento solo del 20% por parte de los estudiantes. Sus justificaciones son las siguientes:

"La verdad yo solo marqué por marcar".

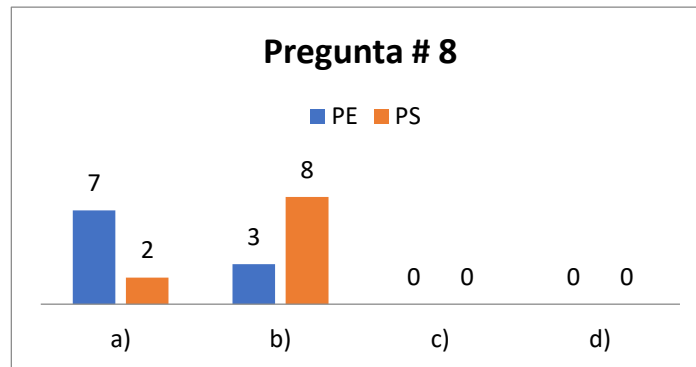
"Al viajar el carro hacia arriba lo hace el bloque hacia abajo al mismo tiempo y marque la a) porque llevan igual aceleración".

"Creo que la c) porque el carro es subido debido al movimiento de la polea y el bloque".

Pregunta # 8

También esta pregunta tiene que ver con el tema 6. El motivo de este tema trata de la inconexión que existe entre las ecuaciones y la lógica del estudiante al enfrentarse a la experimentación.

Figura 8: Respuestas de los participantes respecto a la optaba pregunta.



Apreciamos un notable incremento en el rendimiento de los estudiantes al obtener un incremento del 50%. La respuesta correcta es la b). El comentario general de los estudiantes fue:

“la aceleración depende de las masas así que debe cambiar”.

Estadística de la prueba T – Student

Los sujetos de nuestro estudio son los mismos 10 estudiantes a los cuales se les evaluó tanto la prueba de entrada (pre-test) como la prueba de salida (post-test). Se utilizó la prueba T – Student pareada ya que se está midiendo el rendimiento académico al mismo grupo (muestra) antes y después de aplicar la tarea instruccional.

La distribución de las notas es aproximadamente normal como lo indica la tabla 5. Si nuestra hipótesis nula está dentro del intervalo de confianza debemos aceptarla, caso contrario debemos aceptar la hipótesis alternativa.

Hipótesis nula: No hay diferencia entre la media de la prueba de entrada y la media de la prueba de salida.

Hipótesis alternativa: La media de la prueba de salida es mayor que la media de la prueba de entrada, después de aplicar la práctica de laboratorio computarizada.

La siguiente tabla muestra las calificaciones obtenidas por los estudiantes (sobre 8 puntos) en el pre-test y post-test acerca de la prueba conceptual de leyes de Newton.

Tabla 5: Calificaciones de las pruebas de entrada (PE) y pruebas de salida (PS) clasificada por alumno.

| Alumno | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| PE | 3 | 1 | 3 | 2 | 5 | 3 | 1 | 5 | 2 | 3 |
| PS | 6 | 5 | 7 | 5 | 6 | 7 | 5 | 7 | 5 | 6 |

Las tablas 6 y 7 muestra parámetros estadísticos importantes como la calificación más alta, la más baja, la media, el rango y la desviación estándar para la prueba de entrada y salida. Cada pregunta tiene una ponderación de un punto.

Tabla 6: Parámetros estadísticos de la prueba de entrada (PE).

| Número | C. Alta | C. Baja | Rango | Media | Desviación Estándar |
|--------|---------|---------|-------|-------|---------------------|
| 10 | 5 | 1 | 4 | 2,8 | 1,39 |

Tabla No. 7: Parámetros estadísticos de la prueba de salida (PS).

| Número | C. Alta | C. Baja | Rango | Media | Desviación Estándar |
|--------|---------|---------|-------|-------|---------------------|
| 10 | 7 | 5 | 2 | 5,9 | 0,81 |

La prueba estadística con un intervalo de confianza del 95 % ($P = 0,005$ de significancia) muestra que el valor de las dos colas es inferior a 0,0001. El intervalo de confianza es:

$$-3,81 \leq t \leq -2,39 \quad (1)$$

La muestra obtuvo: $t = 9,85$ y un $P = 6,79 \times 10^{-6}$

Por criterios convencionales, esta diferencia se considera que es estadísticamente significativa. Por tanto podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Estadística de la ganancia de Hake

Para completar nuestro análisis usaremos el factor de ganancia de Hake normalizado para obtener de manera cualitativa la mejora en el rendimiento académico de cada estudiante. La función que nos calcula el factor de ganancia de Hake es el siguiente:

$$g = \frac{\langle post \rangle - \langle pre \rangle}{8 - \langle pre \rangle} \geq 0 \quad (2)$$

Tabla 8: Parámetros estadísticos de la prueba de entrada/salida y la ganancia de Hake.

| Alumno | PE | PS | G |
|--------|-----|-----|-----|
| 1 | 3 | 6 | 0,6 |
| 2 | 1 | 5 | 0,6 |
| 3 | 3 | 7 | 0,8 |
| 4 | 2 | 5 | 0,5 |
| 5 | 5 | 6 | 0,3 |
| 6 | 3 | 7 | 0,8 |
| 7 | 1 | 5 | 0,6 |
| 8 | 5 | 7 | 0,7 |
| 9 | 2 | 5 | 0,5 |
| 10 | 3 | 6 | 0,6 |
| M | 2,8 | 5,9 | 0,6 |

En la tabla 8 se observa los diferentes valores de ganancia normalizada de Hake para cada estudiante con un valor medio de 0,6.

De manera general podemos hacer el siguiente análisis; los estudiantes 3 y 6 obtuvieron la máxima ganancia con un valor del 80%, el estudiante 8 también mejoró notablemente su rendimiento académico con una ganancia del 70%. Los estudiantes 1, 2, 7 y 10 aumentaron su nivel de conocimiento conceptual en un 60%. Los estudiantes 4 y 9 obtuvieron un incremento en su prueba del 50% y el estudiante 5 obtuvo la ganancia más baja con un 30% con respecto a su prueba de entrada.

4. CONCLUSIONES

El concepto de fuerza no parece estar claro en un 70% de los estudiantes, esto queda evidenciado en los resultados de la prueba de entrada. Tratan de conceptualizar la fuerza por medio de las matemáticas al decir que este se define como el producto de la masa del objeto y la aceleración que posee. Esto puede llevar a otro error como por ejemplo, decir que si el objeto está en reposo, sobre él no actúan fuerzas.

Las tres últimas preguntas tratan acerca de lo que comúnmente en los textos llaman movimiento dependiente (objetos que forman parte de un sistema pero llevan distinta aceleración). Es preocupante saber que en general los docentes no abordan este tipo de problemas donde intervienen poleas móviles y por ende los jóvenes no aprenden lo que se llama ventaja mecánica.

La estructura de las actividades de la práctica de laboratorio desarrolló un espíritu constructivista, debido a que, para responderlas no solo

debían realizar la práctica como lo establece el manual sino que además, realizar otra medición dejando en libertad al estudiante como modifica la implementación del sistema.

Con respecto a la variable dependiente, luego de aplicar la práctica de laboratorio utilizando el constructivismo se observa un incremento significativo en el rendimiento de los estudiantes. Esto lo muestra el resultado de la prueba T – student pareada el cual rechaza la hipótesis nula. La media ha pasado de 2,8 para la prueba de entrada a 5,9 para la prueba de salida con un 60% de ganancia de Hake.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, S., Maturano, C., & Nuñez, G. (2007). Utilización de imágenes para la detección de concepciones alternativas: un estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 691-713.

Barón, L. (2009). Introducción al estudio del cambio conceptual. *Revista Iberoamericana de Psicología: Ciencia y Tecnología*, 2(2), 75-83.

Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15(3), 210-217.

Calero, M. (2009). *Aprendizajes sin límites: constructivismos*. Alfaomega.

Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte 1). Análisis sobre las causas que lo originan y/o mantienen. 192.

Carretero, M. (1997). *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Aique Grupo Editor.

Chadwick, C. (2001). La psicología de aprendizaje del enfoque constructivista. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 31(4), 111-126.

Chávez, B. (2010). Estrategias para el desarrollo de la inteligencia emocional en los niños pre-escolares.

Chrobak, R. (1997). Enseñanza de la Física y teoría cognitiva del aprendizaje significativo. *Revista Educación y Pedagogía*, 9(18), 167-210.

Hernández, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *Revista Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 5(2), 26-35.

Herrera, A. (2009). El constructivismo en el aula. *Innovación y Experiencias Educativas*.

Mahmud, M., & Gutiérrez, O. (2010). Estrategia de enseñanza basada en el cambio conceptual para la transformación de ideas previas en el aprendizaje de las ciencias para la transformación de ideas previas en el aprendizaje de las ciencias.

Martínez, J. (2004). Los experimentos docentes en la enseñanza de la física del nivel medio superior.

Martínez, R. (1999). Concepción de aprendizaje, metacognición y cambio conceptual en estudiantes universitarios de Psicología. *Anales de Psicología*, 23(1), 7-16.

Moreira, M. (1997). Aprendizaje significativo: Un concepto subyacente. 2.

Moreira, M., Caballero, M., & Flores, J. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 75-111.

Serrano, J., & Pons, R. (2011). El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(1).