

## PROPUESTA METODOLÓGICA EN LA CINEMÁTICA APLICANDO LA ESTRATEGIA REMSI

### METHODOLOGICAL PROPOSAL IN KINEMATICS APPLYING THE REMSI STRATEGY

### PROPOSTA METODOLÓGICA EM CINEMÁTICA APLICANDO A ESTRATEGIA REMSI

**Sergio David López Gualdrón \*<sup>id</sup>, Rafael Ramón Rey González \*\*<sup>id</sup>**

López S, Rey R. (2023). Propuesta metodológica en la cinemática aplicando la estrategia REMSI. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-17

#### Resumen

En la enseñanza de la física, se recurre frecuentemente a la disposición de problemas o fenómenos que se presuponen cercanos al contexto del estudiante para generar una relación entre la teoría y la práctica. Sin embargo, en su gran mayoría, solo se resuelven de forma analítica, asumiendo un patrón repetitivo de pasos o normas con una faceta mecánica, lo que se conoce como "modelo de enseñanza tradicional". Esto limita la capacidad de análisis del estudiante con los problemas teóricos abordados en clase. Además, el desarrollo de prácticas de laboratorio es baja, restringiendo al estudiante de la realidad del fenómeno. No existe una verdadera correspondencia entre la interpretación, modelación y análisis de la situación, que puede conllevar a un aprendizaje significativo limitado o nulo. Esto deja un gran vacío, no se están desarrollando habilidades de pensamiento de alto nivel, como proponer, argumentar o explicar en otro contexto diferente al de la clase. Con el fin de abordar esta problemática se plantea una estrategia didáctica incorporando aspectos experimentales o de realidad (RE), de modelación (M) y de simulación (SI), conocida como REMSI. Su objetivo es promover el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y científico, permitiendo al estudiante alcanzar un aprendizaje significativo. Se aplica el método de investigación-acción y cuantitativo experimental con estudiantes de secundaria de grado décimo en un colegio privado de Bogotá. Para evaluar la metodología, se realizó un análisis con estadística inferencial utilizando un test con preguntas estandarizadas sobre el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y el movimiento uniformemente acelerado (MRUA). Los resultados obtenidos mostraron un valor de coeficiente  $g$  de Hedges en un nivel alto, lo cual respalda la viabilidad de la propuesta.

**Palabras-Clave:** Actividades dirigidas, aprendizaje por experiencia, ciencias de la educación, construcción de modelos.

\* Especialista en Bioingeniería, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Área Curricular de Formación en Ciencias, Grupo de Óptica e Información Cuántica, Ciudad Universitaria, 111321, Bogotá D.C., Colombia. [slopezgu@unal.edu.co](mailto:slopezgu@unal.edu.co), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9127-0337>

\*\* Físico, Doutor em Ciências. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Área Curricular de Formación en Ciencias, Grupo de Óptica e Información Cuántica, Ciudad Universitaria, 111321, Bogotá D.C., Colombia. [rreyg@unal.edu.co](mailto:rreyg@unal.edu.co), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2922-007X>

### **Abstract**

In the teaching of physics, the use of problems or phenomena that are assumed to be close to the student's context is frequently employed to generate a relationship between theory and practice. However, for the most part, these problems are only solved analytically, assuming a repetitive pattern of steps or rules with a mechanical aspect, known as the "traditional teaching model." This limits the student's capacity for analysis with the theoretical problems addressed in class. Additionally, there is limited development of laboratory practices, which restricts the student from experiencing the reality of the phenomenon. There is no true correspondence between the interpretation, modeling, and analysis of the situation, which can result in limited or no meaningful learning. This leaves a significant gap, as higher-level thinking skills such as proposing, arguing, or explaining in a different context from the classroom are not being developed. In order to address this issue, a didactic strategy incorporating experimental or real-world aspects (RE), modeling (M), and simulation (SI) known as REMSI is proposed. Its objective is to promote the development of critical and scientific thinking skills, allowing students to achieve meaningful learning. The research-action and experimental quantitative methods were applied with tenth-grade high school students in a private school in Bogotá. To evaluate the methodology, an analysis using inferential statistics was conducted, using a test with standardized questions about uniform rectilinear motion (URM) and uniformly accelerated motion (UAM). The results obtained showed a high-level Hedges'  $g$  coefficient value, which supports the feasibility of the proposal.

**Keywords:** Directed activities, experiential learning, educational sciences, model construction.

### **Resumo**

No ensino da física, frequentemente recorre-se à apresentação de problemas ou fenômenos que se presumem próximos ao contexto do aluno, a fim de gerar uma relação entre a teoria e a prática. No entanto, na sua grande maioria, esses problemas são resolvidos apenas de forma analítica, assumindo um padrão repetitivo de etapas ou regras com uma abordagem mecânica, conhecido como "modelo de ensino tradicional". Isso limita a capacidade de análise do aluno com os problemas teóricos abordados em sala de aula. Além disso, o desenvolvimento de práticas laboratoriais é baixo, restringindo o aluno à realidade do fenômeno. Não há uma verdadeira correspondência entre a interpretação, modelagem e análise da situação, o que pode levar a uma aprendizagem significativa limitada ou nula. Isso deixa uma grande lacuna, pois habilidades de pensamento de alto nível, como propor, argumentar ou explicar em um contexto diferente da sala de aula, não estão sendo desenvolvidas. Com o objetivo de abordar essa problemática, propõe-se uma estratégia didática incorporando aspectos experimentais ou da realidade (RE), modelagem (M) e simulação (SI), conhecida como REMSI. Seu objetivo é promover o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e científico, permitindo ao aluno alcançar uma aprendizagem significativa. O método de pesquisa-ação e o método experimental quantitativo foram aplicados com alunos do décimo ano do ensino médio em uma escola privada em Bogotá. Para avaliar a metodologia, foi realizada uma análise com estatística inferencial, utilizando um teste com perguntas padronizadas sobre movimento retilíneo

uniforme (MRU) e movimento uniformemente acelerado (MUA). Os resultados obtidos mostraram um valor de coeficiente  $g$  de Hedges em um nível alto, o que respalda a viabilidade da proposta.

**Palavras-Chave:** Atividades direcionadas, aprendizagem por experiência, ciências da educação, construção de modelos

## 1. Introducción

En la enseñanza de la física, existe una mentalidad y disposición por parte de un número importante de docentes para continuar con el proceso de enseñanza repetitivo "tradicional", ya que fueron educados bajo una estrategia en su mayoría memorística. La disposición de prácticas de laboratorio es muy limitada debido al interés del docente, asumiendo que la teoría es más fácil que la práctica. Sin embargo, a los estudiantes se les exige derivar conclusiones para algunos fenómenos o comprender cómo se construyen explicaciones sobre el mundo natural. Si el estudiante nunca ha pasado por un proceso de enseñanza que le permita adquirir las competencias del conocimiento científico, es muy difícil que lo logre. Esto se demuestra en el último informe de resultados de la prueba Saber 11 realizada en 2021 (Ministerio de Educación Nacional, 2022), donde se observa que el promedio del puntaje en el área de ciencias naturales ha disminuido casi un punto por año y aproximadamente el 75% de los estudiantes se encuentra en los niveles más bajos de desempeño.

Por otro lado, la verdadera esencia del proceso de enseñanza-aprendizaje es lograr un aprendizaje significativo. Aunque, la prueba estandarizada no mida completamente todas sus características, sí permite verificar cómo los estudiantes resuelven problemas en diferentes contextos. Según el marco conceptual de las pruebas Saber 11, estas buscan medir i) el uso comprensivo del conocimiento científico, ii) la explicación de fenómenos y iii) la capacidad de indagación, (Icfes, 2019). No obstante, los bajos resultados en estas pruebas señalan que los estudiantes no encuentran una asociación entre la teoría y la realidad, no hay una apropiación del

conocimiento, ni desarrollo de las competencias relevantes asociadas con estos propósitos.

Para lograr esto adecuadamente, el estudiante debe construir su propio aprendizaje, ajustando y reconstruyendo sus conocimientos con su experiencia, es decir, se deben poner en práctica muchos procesos cognitivos con diferentes niveles de apropiación y hacer uso de varias habilidades de pensamiento en su proceso. Todo esto no está contemplado en un modelo tradicionalista o memorístico.

En la mayoría de los modelos de enseñanza, se utilizan con frecuencia las evaluaciones sumativas para verificar si los estudiantes han adquirido los desempeños propuestos para dicho aprendizaje. Es muy común que los estudiantes soliciten disponer de las ecuaciones que rigen este principio en la prueba, y el docente accede argumentando que no está evaluando la memoria sino una habilidad. Durante la prueba del Icfes también se dispone de las ecuaciones en el enunciado de cada pregunta, dado que se utiliza un modelo estandarizado para evaluar cuatro componentes y tres competencias. Esta prueba no pretende medir capacidades memorísticas. Así, se ha normalizado la entrega de las ecuaciones en la gran mayoría de las evaluaciones sumativas, aún sin solicitud por parte de los estudiantes.

Al disponer las ecuaciones en una prueba, se está priorizando la competencia de uso comprensivo del conocimiento científico, donde el estudiante utiliza nociones, conceptos y teorías de las ciencias naturales para resolver problemas de manera metódica, poniendo en práctica varias habilidades que en su mayoría son mecánicas. Sin embargo, en muchas ocasiones no se conoce el trasfondo o

incluso el concepto que se está enseñando, y el estudiante se limita a inferir un resultado utilizando reglas matemáticas.

Otra competencia evaluada por esta entidad es la explicación de fenómenos, que incluye tres habilidades de pensamiento: analizar, explicar y modelar fenómenos de la naturaleza basados en el análisis de variables. Esta competencia quizás es la que menos se está desarrollando en las aulas de clase, precisamente porque el estudiante no está modelando un fenómeno, no comprende cómo se obtienen las ecuaciones y no conoce el principio o ley subyacente. Le resulta muy difícil analizar y, sobre todo, explicar un fenómeno si solo sigue un proceso mecánico. Por lo tanto, existe un vacío importante en la propuesta metodológica implementada en el aula respecto a las pruebas Saber 11.

Con el fin de abordar la inquietud anterior, se plantea una propuesta metodológica centrada directamente en la enseñanza integral de la física incorporando aspectos experimentales (Realidad, RE), teóricos (Modelación, M) y computacionales (Simulación, SI), denominada como estrategia REMSI. Esta estrategia busca un aprendizaje significativo que desarrolle un pensamiento científico a través del fortalecimiento de la capacidad de indagación, de la explicación de fenómenos y el uso comprensivo del conocimiento, a su vez que le permita a los actuales estudiantes de básica secundaria y media vocacional una futura inserción laboral exitosa, en un mundo dominado por altos desarrollos tecnológicos y disruptivos como la inteligencia artificial. En particular, se explora el estudio de la cinemática mediante esta estrategia en un grupo de estudiantes de grado 10.

## 2. Marco de referencia.

La estrategia REMSI incorpora aspectos experimentales (Realidad, RE), teóricos (Modelación, M) y computacionales (Simulación, SI). Propone una metodología con características y componentes del proceso de enseñanza-aprendizaje que permiten al estudiante adquirir un

aprendizaje activo. Al aplicar la estrategia, se espera que los estudiantes logren modelar el movimiento de una esfera en dos situaciones diferentes. La primera situación es cuando la esfera se desplaza en un plano horizontal, y la segunda es cuando se mueve en un plano inclinado, ejemplificando el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y el movimiento uniformemente acelerado (MRUA). A continuación, se describen los apartados llevados a cabo para realizar este proceso:

### 2.2. Diseño y construcción

Haciendo uso de un cronómetro "común", es muy difícil medir con precisión el tiempo que tarda la esfera en desplazarse una distancia muy corta. Los datos experimentales obtenidos no son muy precisos y presentan un alto margen de error. Por este motivo, se construyeron montajes experimentales para las prácticas seleccionadas utilizando materiales modulares con características uniformes. Estos materiales incluyen la superficie de desplazamiento, los sensores de tiempo y la esfera, tal como se observa en la Figura No. 1.



Figura 1. Sensores de tiempo, superficie de desplazamiento y esfera. **Fuente:** Elaboración propia

Los sensores pueden colocarse en cualquier parte de la superficie de desplazamiento, asegurándose de que se adhieran firmemente con velcro en la parte inferior para garantizar un contacto sólido entre los elementos. La esfera se desliza a través de una canaleta y cuenta con una cinta métrica interna que permite medir la distancia de separación entre los sensores. La esfera es sólida y está diseñada para resistir golpes en diferentes caídas sin sufrir daños. Los sensores de tiempo fueron diseñados con una

placa de Arduino que incluye una pantalla de lectura. Todas las conexiones están encapsuladas en una caja para crear un solo equipo y evitar daños durante la manipulación. Los sensores funcionan en el espectro infrarrojo y se activan cuando se interrumpe el haz de luz que emite el dispositivo. El primer sensor inicia el cronómetro y el segundo lo detiene, y la lectura se muestra automáticamente en la pantalla. No es necesario reiniciar el cronómetro para una nueva medición, ya que se detecta automáticamente al continuar la secuencia de interrupción de luz. El tiempo se registra en centésimas de segundo.

Se diseñaron un total de ocho montajes experimentales con las mismas dimensiones y características, teniendo en cuenta el número de estudiantes en cada grupo.

## 2.2. Material didáctico

Para desarrollar las prácticas experimentales, se crearon guías de laboratorio con el objetivo final de que los estudiantes modelen el comportamiento de la esfera en las dos situaciones propuestas. Estas guías se estructuran siguiendo la secuencia del desarrollo de habilidades de pensamiento y se alinean con la taxonomía de Bloom (Cemlad & Cahuana, s.f.). Los contenidos procedimentales buscan adquirir destrezas para acceder al conocimiento declarativo, es decir, habilidades cognitivas y metacognitivas (Insausti, 2000). La práctica se clasifica como inductiva (Milena et al., 2012), ya que a través de tareas bien estructuradas se guía paso a paso al estudiante en el desarrollo para modelar el comportamiento de un objeto.

La primera parte de la guía proporciona instrucciones detalladas sobre el uso de los elementos que componen el montaje experimental, con el apoyo de elementos visuales que facilitan la interpretación del funcionamiento de cada componente. Después de esto, los estudiantes realizan la medición de las principales variables involucradas, como el tiempo y la distancia de desplazamiento de la esfera, y registran los datos en

una tabla por grupos. Esta actividad representa el componente de realidad (RE) de la metodología REMSI, donde los estudiantes interactúan directamente con los elementos de estudio y miden las variables utilizando los instrumentos del montaje. Se dedica una sesión de hora y media en el laboratorio para llevar a cabo esta actividad, con un producto final de dos tablas de datos, una para cada superficie de desplazamiento.

En la segunda sesión, los estudiantes utilizan el espacio de la sala de sistemas del colegio. Primero, sistematizan los datos de la tabla correspondiente a la superficie horizontal en el software Excel. Luego, estiman el tiempo promedio para cada tramo y grafican los datos de distancia en función del tiempo, utilizando puntos, una línea de tendencia y una ecuación lineal en una transparencia. Para guiar a los estudiantes en este proceso, se diseñó una guía instruccional en un formulario de Forms, que incluye un video explicativo para cada paso. Al realizar estas actividades, se desarrollan habilidades de pensamiento cognitivas en el campo de conocimiento de la taxonomía de Bloom (Cemlad & Cahuana, s.f.), donde los estudiantes fortalecen habilidades para identificar, asociar, reproducir y ordenar los datos.

Una vez que se ha realizado el gráfico bajo esos parámetros, se refuerza una habilidad de pensamiento de mayor nivel, la comprensión, específicamente la interpretación de los resultados. Para ello, los estudiantes determinarán la pendiente de varios segmentos, siguiendo las instrucciones de otro video que explica el procedimiento en el software Excel. Luego, graficarán los resultados con las mismas características solicitadas anteriormente. En este proceso, se plantean una serie de preguntas orientadoras que conectan la información del gráfico con la experimentación. Cada pregunta tiene un objetivo específico y se presenta en un orden determinado para que los estudiantes interpreten, infieran y concluyan las características del movimiento.

Una vez concluida esta etapa, se plantean otro tipo de preguntas en las que se pide a los estudiantes que modifiquen las variables de la ecuación, teniendo en cuenta las conclusiones sintetizadas en el apartado anterior. En este punto, los estudiantes han descubierto que la pendiente se refiere a la velocidad y que su comportamiento tiende a un valor constante. Ahora se les solicita que reemplacen los términos para formular una relación entre las distintas variables. Se los guía con preguntas orientadoras para que descubran que la distancia es una variable dependiente, la velocidad es la pendiente, el punto de corte es la posición inicial y el tiempo es una variable independiente en una misma ecuación lineal proporcionada por el software. Es decir, estos valores adquieren sentido para los estudiantes. Este es el componente teórico de modelación (M) de la metodología REMSI, donde los estudiantes se encuentran en el tercer nivel jerárquico del desarrollo de habilidades de pensamiento según la taxonomía de Bloom, y son capaces de descubrir la relación entre las variables a través de un proceso metódico.

En la práctica experimental, se generan efectos que no pueden ser controlados en su totalidad, lo que hace que los datos sufran cambios significativos en la comprensión y aplicación del modelo. Esto se debe a la fricción u otros efectos técnicos o prácticos durante la experimentación. Es en este punto donde se incorpora el tercer componente de la metodología REMSI: la simulación (SI). Se agrega un enlace a la simulación (Vascak, s.f.) en el formulario, que funciona bajo el modelo teórico del movimiento rectilíneo uniforme (MRU) con condiciones ideales. Por lo tanto, las gráficas de posición, velocidad y aceleración son perfectas. Esto permite que los estudiantes comparen los resultados "prácticos" con las simulaciones virtuales "teóricas", descubriendo los elementos que influyen y que no se midieron. También les permite organizar y planificar la experiencia para una futura toma de datos, aplicando el cuarto nivel de habilidades de pensamiento: la síntesis. La simulación no solo permite eso, sino que también aclara la relación

entre las variables y facilita el análisis del desplazamiento de la esfera.

Finalmente, se incluye una sección para evaluar el modelo propuesto por el estudiante, formulando preguntas que implican predecir la posición y el tiempo de la esfera en situaciones posteriores al desplazamiento físico en la práctica experimental. Por ejemplo, se plantean preguntas como: "¿Qué posición tiene la esfera después de dos minutos si continúa con su movimiento constante?" o "¿Cuánto tiempo tarda la esfera en recorrer una distancia de dos metros?". Para el desarrollo de esta guía, se estima un tiempo de una hora y media, el mismo tiempo que se utilizó en la práctica experimental. Dado que solo están analizando el desplazamiento de la esfera en la superficie horizontal, es pertinente generar una tercera sesión para desarrollar otra guía con las mismas características de la metodología REMSI, pero modelando el desplazamiento de la esfera en la superficie inclinada. La diferencia significativa es que los estudiantes ya han desarrollado varias habilidades y deben volver a aplicarlas para reforzar su aprendizaje.

Este enfoque, sin duda alguna, fortalece todos los niveles de las habilidades de pensamiento científico y genera un aprendizaje más significativo. Se aleja del modelo tradicional e integra las competencias evaluadas. Por este motivo, la propuesta de la metodología REMSI en el área de la física es pionera en su desarrollo. Sus comienzos se basan en la aplicación del pensamiento lógico-matemático (Bravo et al., 2016) con muy buenos resultados, y ahora se desea aplicar a otra área de estudio, fortaleciendo las habilidades de pensamiento científico con elementos prácticos que permitan a los estudiantes relacionar la teoría con su contexto y, de esta forma, reforzar las competencias necesarias para la solución de problemas.

### 3. Metodología de investigación

La investigación se llevó a cabo en el colegio Agustiniانو Norte de Bogotá, que es de carácter privado y tiene una población de nivel socioeconómico medio. La muestra consistió en estudiantes de décimo grado con edades comprendidas entre 15 y 16 años. Se aplicó la metodología REMSI a dos cursos de ese grado, que se denominarán en adelante grupo experimental, mientras que otros dos cursos continuaron con el método tradicional, denominado grupo control. Cada curso consta de 25 estudiantes, lo que resulta en un total de 50 estudiantes en el grupo experimental y 50 estudiantes en el grupo control.

Con el fin de evaluar la metodología REMSI y validar si realmente genera un aprendizaje significativo, se elaboró un pre-test con preguntas estandarizadas tomadas directamente del banco de preguntas del Icfes (Prueba de Ciencias Naturales, 2018) para medir los conocimientos previos de los estudiantes en el estudio del movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y el movimiento uniformemente acelerado (MRUA). Esto se hizo teniendo en cuenta que los estudiantes no comienzan su aprendizaje desde cero, sino que aportan sus experiencias y conocimientos previos al proceso de construcción de significados (Luz & Palmero, 2011). El pre-test se administró antes de llevar a cabo la metodología, es decir, antes de realizar la experiencia de laboratorio y las dos sesiones de análisis de datos. Después de la intervención, se evaluó nuevamente a los estudiantes modificando el orden de las preguntas y las opciones de respuesta, aplicando un pre-test y un pos-test, tanto al grupo experimental como al grupo de control.

El análisis propuesto con estos datos consiste en realizar un estudio inferencial, que permite comparar los resultados entre los grupos y establecer la viabilidad de la metodología para generar un aprendizaje significativo. Los datos del pre-test y del pos-test son cuantitativos continuos y se utilizó una escala de valoración de 0 a 5.

Para determinar el tipo de distribución y verificar si es paramétrica o no, se aplicará la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk utilizando el software IBM SPSS Statistics Base 25, siguiendo el manual de (Abdollahyan, 2019). Este análisis se realizará con muestras relacionadas (dentro del mismo grupo) e independientes (entre grupos diferentes), teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- $H_0$ : los datos tienen una distribución normal.
- $H_a$ : los datos no tienen una distribución normal. Si  $p \leq \alpha$ , se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ . Si  $p > \alpha$ , se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_a$ . Donde  $\alpha$  es la significancia.

Por otro lado, la prueba de Kolmogorov-Smirnov se utiliza para  $n > 50$ , mientras que la prueba Shapiro-Wilk se utiliza cuando  $n \leq 50$  (Romero, 2016). Teniendo en cuenta la muestra de esta investigación, el resultado que determina el tipo de distribución será la prueba Shapiro-Wilk.

Para realizar el estudio estadístico inferencial, se tendrán en cuenta las recomendaciones abordadas en las pruebas estadísticas según los objetivos del estudio y la escala de medición de las variables, y se utilizará la prueba recomendada por (Flores-Ruiz et al., 2017). Estas pruebas también se llevarán a cabo utilizando SPSS Statistics Base 25 y se describen a continuación:

1. Si el comportamiento de la distribución es normal, se aplicará el análisis inferencial para muestras paramétricas, siguiendo el siguiente proceso:

- Se utilizará la prueba t de Student (intergrupales) con muestras relacionadas en el pre-test y el pos-test para determinar los cambios antes y después de la intervención.
- Se aplicará la prueba t de Student (intergrupales) para muestras

independientes y comparar los resultados entre los pos-test de cada grupo.

- Se utilizará un ANOVA para analizar las varianzas entre los grupos.
- Se calculará el factor de Hake (g) para determinar la ganancia de aprendizaje.

2. Si el comportamiento de la distribución no es normal, se aplicará el análisis inferencial para muestras no paramétricas, siguiendo el siguiente proceso:

- Se utilizará la prueba de Wilcoxon (intergrupales) con muestras relacionadas en el pre-test y pos-test para determinar los cambios antes y después de la intervención.
- Se empleará la prueba de Mann-Whitney (intergrupales) para muestras independientes y comparar los resultados entre los pos-test de cada grupo.
- Se utilizará el test de Kruskal-Wallis para analizar los rangos entre los grupos.
- Se calculará el factor g de Hedges para determinar la ganancia de aprendizaje.

Cada una de las pruebas descritas permitirá determinar el tamaño del efecto al aplicar la metodología REMSI.

#### 4. Resultados

##### 4.1. Resultados sesión 1

En la primera hora de la sesión número uno, los estudiantes del grupo experimental llevaron a cabo el montaje y la toma de datos de la superficie de desplazamiento horizontal, como se observa en la Figura 2. En la Figura 3 se puede apreciar el cumplimiento de la actividad por parte de uno de los grupos, registrando los datos obtenidos.

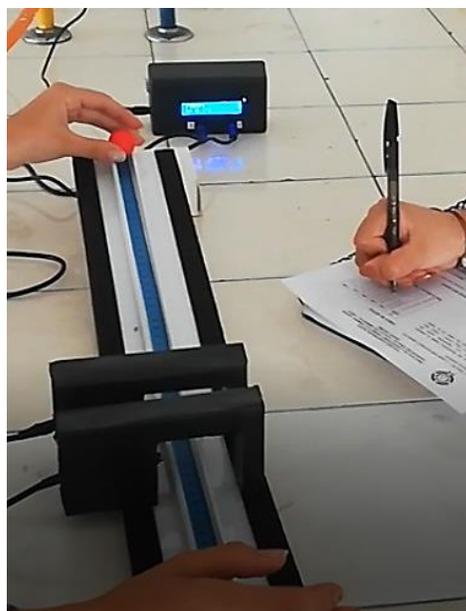


Figura 2. Montaje y toma de datos superficie horizontal. Fuente: Elaboración propia

d (cm)	t <sub>1</sub> (s)	t <sub>2</sub> (s)	t <sub>3</sub> (s)	t <sub>4</sub> (s)	t <sub>5</sub> (s)
1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12
3	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15
4	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18
5	0,22	0,22	0,23	0,23	0,22
6	0,25	0,25	0,26	0,25	0,25
7	0,28	0,29	0,28	0,29	0,30
8	0,31	0,30	0,30	0,31	0,31
9	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34
10	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38

Tabla de datos No. 1 Tiempo en un plano horizontal

Figura 3. Tabla de datos diligenciada por un grupo experimental en la superficie horizontal Fuente: Elaboración propia

En la segunda hora de la sesión número uno, los estudiantes del grupo experimental llevaron a cabo el montaje y la toma de datos de la superficie de desplazamiento inclinada, como se observa en la Figura 4. En la Figura 5 se puede apreciar el cumplimiento de la actividad por parte de uno de los grupos, registrando los datos obtenidos.

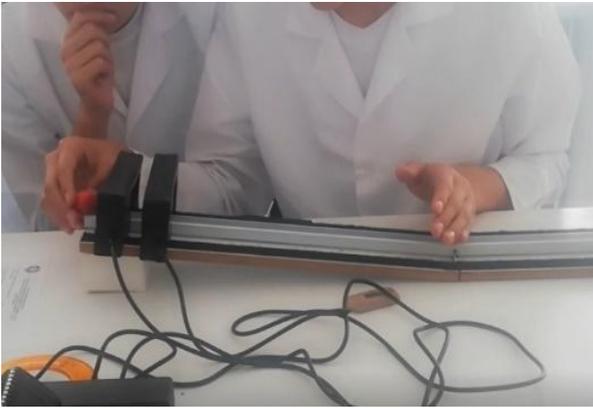


Figura 4. Montaje y toma de datos superficie inclinada. **Fuente:** Elaboración propia



Figura 6. Sesión número dos, análisis del comportamiento de la esfera en la superficie horizontal. **Fuente:** Elaboración propia

d (cm)	t <sub>1</sub> (s)	t <sub>2</sub> (s)	t <sub>3</sub> (s)	t <sub>4</sub> (s)	t <sub>5</sub> (s)
1	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
2	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15
3	0,19	0,18	0,18	0,19	0,18
4	0,21	0,22	0,21	0,20	0,21
5	0,25	0,25	0,25	0,24	0,25
6	0,28	0,29	0,28	0,29	0,29
7	0,32	0,32	0,32	0,33	0,32
8	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35
9	0,38	0,38	0,38	0,39	0,38
10	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43

Tabla de datos No. 2 Tiempo plano inclinado.

Figura 5. Tabla de datos diligenciada por un grupo experimental en la superficie inclinada. **Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2. Resultados sesión 2

En la segunda sesión, durante las dos horas de clase, los estudiantes se enfocaron en el análisis del comportamiento de la esfera en la superficie horizontal, siguiendo el proceso establecido en el formulario y llevándolo a cabo directamente en la sala de sistemas del colegio, como se muestra en la Figura 6.

Una de las primeras actividades establecidas consistía en graficar los datos obtenidos durante la sesión experimental. Para ello, utilizaron el software Excel. En la Figura 7 se muestra un ejemplo de una gráfica de posición en función del tiempo, generada por uno de los grupos.

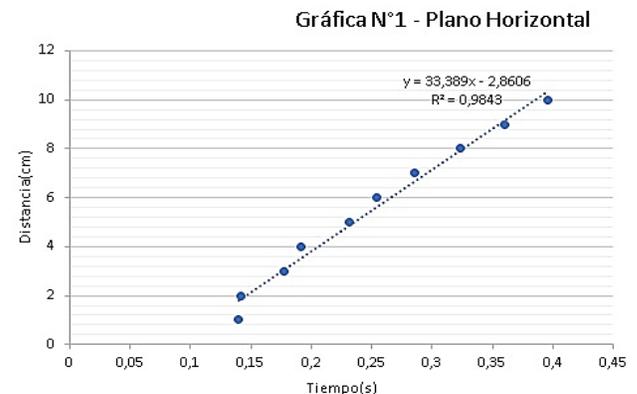


Figura 7. Gráfica de posición en función del tiempo del comportamiento de la esfera en la superficie horizontal. **Fuente:** Plataforma Teams, solución del formulario de la segunda sesión y elaborada por una pareja de estudiantes.

Otra actividad fundamental en la resolución del formulario es la elaboración de la gráfica de velocidad en función del tiempo. En la Figura 8 se

muestra un ejemplo de una de las gráficas obtenidas por uno de los grupos.

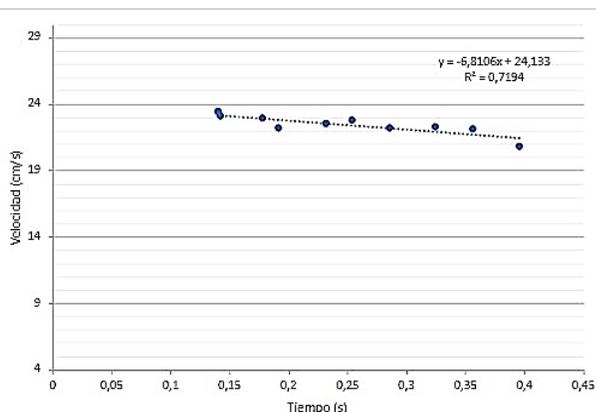


Figura 8. Gráfica de velocidad en función del tiempo del comportamiento de la esfera en la superficie horizontal. **Fuente:** Plataforma Teams, solución del formulario de la segunda sesión y elaborada por una pareja de estudiantes.

Después de completar cada uno de los pasos del formulario, los estudiantes debían concluir respondiendo algunas preguntas clave. En la Figura 9 se pueden observar algunas de las respuestas registradas por los estudiantes.

**CONCLUSIONES**

Responda las siguientes preguntas:

✓ **Correcto** 8/8 Puntos

**18**

¿Qué significa la pendiente o razón de cambio en este experimento? \*

La velocidad de la canica; a medida que la distancia aumenta, teniendo en cuenta el aumento del tiempo.

✓ **Correcto** 8/8 Puntos

**19**

¿Qué tipo de movimiento realiza la esfera en este experimento? \*

Movimiento rectilíneo uniformemente (MRU).

✓ **Correcto** 8/8 Puntos

**20**

¿Qué características tiene el movimiento de la esfera? \*

Tiene velocidad constante, se genera sobre una línea recta.

✓ **Correcto** 8/8 Puntos

**21**

¿Cuál es la ecuación general de un movimiento de este tipo? \*

$X(t) = X_0 + V \cdot t$

Figura 9. Respuestas de los estudiantes en el ítem de conclusiones del comportamiento de la esfera en la superficie horizontal. **Fuente:** Plataforma Teams, solución ítem conclusiones del formulario en la segunda sesión

### 4.3. Resultados sesión 3

En la tercera sesión, durante las dos horas de clase, los estudiantes se enfocaron en el análisis del comportamiento de la esfera en la superficie inclinada, siguiendo el proceso establecido en otro

formulario y utilizando la sala de sistemas del colegio. Una parte de esta actividad consistió en graficar los datos obtenidos en la sesión experimental utilizando el software Excel. En la Figura 10 se muestra una de las gráficas de velocidad en función del tiempo obtenida por uno de los grupos.

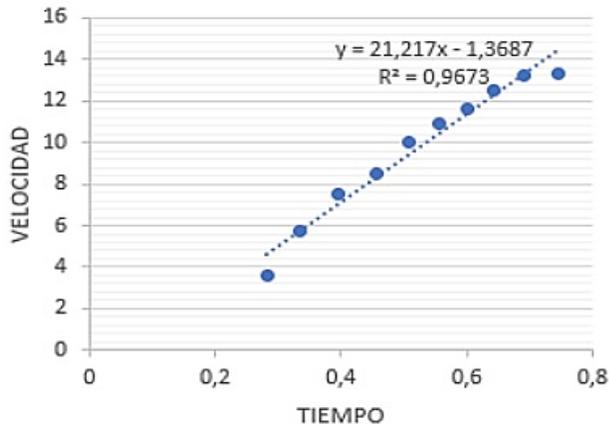


Figura 10. Gráfica de velocidad en función del tiempo del comportamiento de la esfera en la superficie inclinada. **Fuente:** Plataforma Teams, solución del formulario de la tercera sesión y elaborada por una pareja de estudiantes.

Después de completar todos los pasos del segundo formulario, los estudiantes tenían que concluir respondiendo algunas preguntas clave. En la Figura 11 se pueden observar algunas de las respuestas registradas por los estudiantes.

**CONCLUSIONES**

Responda las siguientes preguntas:

**13**

**¿Qué significa la pendiente o razón de cambio en este experimento? \***

Significa que el valor de la pendiente es la propia aceleración. Por lo tanto, a mayor pendiente de la recta, mayor aceleración posee el cuerpo (aceleración positiva) y a menor pendiente de la recta, menor aceleración tendrá el cuerpo (aceleración negativa).

**14**

**¿Qué tipo de movimiento realiza la esfera en este experimento? \***

Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado o variado (M.R.U.A)

**15**

**¿Qué características tiene el movimiento de la esfera? \***

La aceleración siempre es constante. - La velocidad se incrementa en la misma proporción por cada intervalo de tiempo. - La trayectoria es una línea recta. - El espacio recorrido en un intervalo de tiempo siempre es mayor que en el intervalo anterior.

**16**

**¿Cuál es la ecuación general de un movimiento de este tipo? \***

la ecuación general es  $V_f = V_i + at$  pero existen otras ecuaciones como:  $V_f^2 = V_i^2 + 2ad$   
 $D = (V_f + V_i/2) * t$   $V_f = V_i + at$   $a = (V_f - V_i)/t$   $t = (V_f - V_i)/a$

Figura 11. Respuestas de los estudiantes en el ítem de conclusiones del comportamiento de la esfera en la superficie inclinada. **Fuente:** Plataforma Teams, solución ítem conclusiones del formulario en la tercera sesión.

#### 4.4. Resultados análisis de distribución

En la Tabla 1 se observa el análisis de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para realizar el análisis de muestras relacionadas de los cuestionarios del pre-test y del pos-test del grupo experimental determinado por el software IBM SPSS. Obteniendo un  $p > 0,05$  para las notas del pre-test, aceptando  $H_0$  es decir, su distribución es normal, para el pos-test se obtuvo un  $p < 0,05$  aceptando  $H_a$  es decir, no tiene una distribución

normal. Las dos distribuciones deben ser normales y en este caso solo existe una de ellas. Los datos muestran que es necesario realizar un análisis inferencial para distribuciones no paramétricas aplicando la prueba de Wilcoxon (intergrupales) para muestras relacionadas y comparar los resultados.

**Tabla 1.** Prueba de normalidad para el grupo experimental

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Est.	gl	Sig.	Est.	gl	Sig.
Pre-test	,192	50	,000	,937	50	,010
Pos-test	,163	50	,002	,916	50	,002

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada a los test (pre y pos) del grupo experimental

En la Tabla 2 se observa el análisis de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para realizar el análisis de muestras relacionadas de las pruebas (pre y pos) del grupo control determinado por el software IBM SPSS. Obteniendo un  $p < 0,05$  para las notas del pre-test, aceptando  $H_a$  es decir, su distribución no es normal, para el pos-test se obtuvo un  $p \leq 0,05$  aceptando  $H_a$  es decir, no tiene una distribución normal. Los datos muestran que es necesario realizar un análisis inferencial para distribuciones no paramétricas aplicando la prueba de Wilcoxon (intergrupales) para muestras relacionadas y comparar los resultados.

**Tabla 2.** Prueba de normalidad del grupo control

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Est.	gl	Sig.	Est.	gl	Sig.
Pre-test	,210	50	,000	,925	50	,004
Pos-test	,200	50	,000	,929	50	,005

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo control

En la Tabla 3 se observa el análisis de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para realizar el análisis de muestras independiente del cuestionario pos-test del grupo control y experimental determinado por el software IBM SPSS. Obteniendo un  $p \leq 0,05$  para las notas del grupo control aceptando  $H_a$  es decir, su distribución no es normal, para el grupo experimental se obtuvo un  $p < 0,05$  aceptando  $H_a$  es decir, no tiene una distribución normal. Los datos muestran que es necesario realizar un análisis inferencial para distribuciones no paramétricas aplicando la prueba de Mann-Whitney (intergrupales) para muestras independientes y comparar los resultados entre los pos-test de cada grupo.

**Tabla 3.** Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Est.	gl	Sig.	Est.	gl	Sig.
Pos-test grupo experimental	,163	50	,002	,916	50	,002
Pos-test grupo control	,200	50	,000	,929	50	,005

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pos-test del grupo control y experimental.

#### 4.5. Resultados prueba de Wilcoxon (intergrupales) de grupo experimental y control

Este análisis de va a realizar con muestras relacionadas (el mismo grupo) entre el pre-test y pos-test e independiente (grupos diferentes experimental y control) teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- $H_0$ : No hay cambios significativos después de la intervención
- $H_a$ : Si hay cambios significativos después de la intervención
- Si  $p \leq 0,05$  se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$

- Si  $p > 0,05$  se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_a$

En la Tabla 4 se observa que para el grupo experimental se obtuvo un valor  $p \leq 0,05$  evidenciando que sí que existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos después de la intervención con la metodología REMSI, mientras para el grupo control  $p > 0,05$  donde se refleja que no hubo un cambio significativo al realizar una intervención tradicional

**Tabla 4.** Estadístico de Wilcoxon

	Pos-test y Pre-test grupo experimental	Pos-test y Pre-test grupo control
Z	-5,165 <sup>b</sup>	-,418 <sup>c</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,676

- Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
- Basado en los rangos negativos.
- Basado en los rangos positivos.

Estadístico de contraste Wilcoxon con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo control y experimental.

#### 4.6. Resultados prueba de Mann-Whitney (intergrupales) pos-test

Este análisis de va a realizar con muestras independientes (grupo experimental y control) entre el pos-test, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- $H_0$ : No hay cambios significativos en los resultados obtenidos de la prueba de pos-test
- $H_a$ : Si hay cambios significativos en los resultados obtenidos de la prueba de pos-test
- Si  $p \leq 0,05$  se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$
- Si  $p > 0,05$  se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_a$

En la Tabla 5 se observa que la significancia asintótica bilateral obtuvo un valor  $p \leq 0,05$  evidenciando que sí que existen diferencias estadísticamente significativas entre la metodología

REMSI aplicada al grupo experimental y la intervención tradicional aplicada al grupo control

**Tabla 5.** Estadístico Mann-Whitney

	Resultado Pos-test
U de Mann-Whitney	636,500
W de Wilcoxon	1911,500
Z	-4,320
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Variable de agrupación: Grupos Pos-test

Estadístico de contraste Mann-Whitney con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pos-test del grupo control y experimental.

#### 4.7. Resultados prueba de Kruskal-Wallis

Este análisis de va a realizar con muestras independientes (grupo experimental y control) entre el pre-test y pos-test, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- $H_0$ : No hay cambios significativos en los resultados pre-test y pos-test en la metodología REMSI y el la tradicional.
- $H_a$ : Si hay cambios significativos en los resultados pre-test y pos-test en la metodología REMSI y el la tradicional.
- Si  $p \leq 0,05$  se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$
- Si  $p > 0,05$  se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_a$

En la Tabla 6 se observa que la significancia asintótica bilateral se obtuvo un valor  $p \leq 0,05$  evidenciando que sí hay cambios significativos en los resultados pre-test y pos-test en la metodología REMSI y el la tradicional. Mientras que en la Tabla 7 se observan los rangos se observa que se analizaron 200 notas, cincuenta para cada grupo. El rango promedio mayor fue para el grupo experimental al aplicar la prueba pos-test, en tanto el menor fue para el grupo experimental en el pre-test

**Tabla 6.** Estadísticos de contraste<sup>a,b</sup>

	Pre-test y pos-test nota grupo experimental y control
Chi-cuadrado gl	36,033 3
Sig. asintót.	,000

- a. Prueba de Kruskal-Wallis
- b. Variable de agrupación: pre-test y pos-test grupo experimental y control

Rangos de estadístico de contraste Kruskal-Wallis con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo control y experimental.

Test (pre y pos) de los grupos experimental y de control	N	Rango promedio
Pre-test experimental	50	72,92
Pos-test experimental	50	138,90
Pre-test control	50	98,58
Pos-test control	50	91,60
Total	200	

Rangos de estadístico de contraste Kruskal-Wallis con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo control y experimental.

#### 4.8. Resultados análisis gráfico media

Otro análisis es comparar la media obtenida por el grupo experimental en el pre-test y pos-test como se observa en la Figura 12 cuya media se encuentra en 2,6 en el pre-test mientras en el pos-test de 3,7 Figura 13 evidenciando un incremento significativo.

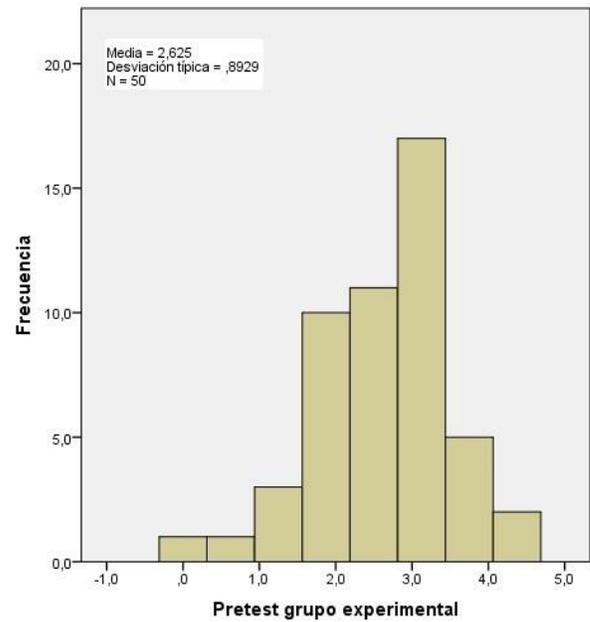


Figura 12. Nota obtenida en el pre-test por el grupo experimental. **Fuente:** Elaboración propia

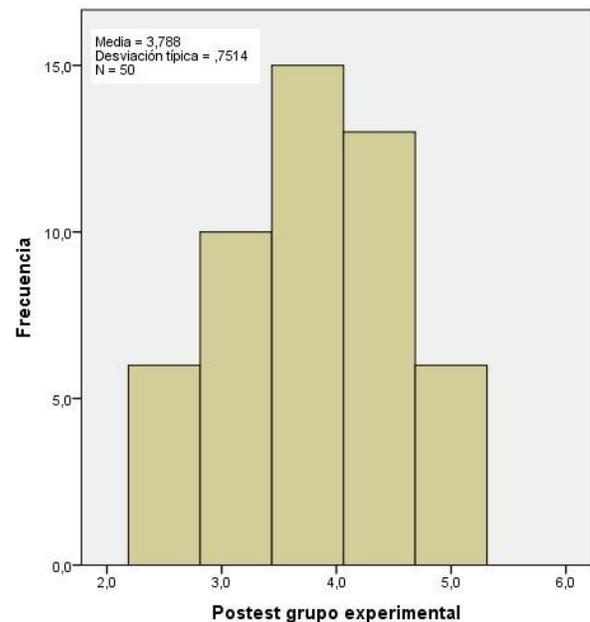


Figura 13. Nota obtenida en el pos-test por el grupo experimental. **Fuente:** Elaboración propia

En el grupo control, se observa que la media obtenida en el pre-test fue de 3,0 y en el pos-test fue de 2,9, como se puede apreciar en la Figura 14 y Figura 15. Aunque se evidencia una disminución en los niveles de puntuación más bajos, no se observa un incremento significativo en la media.

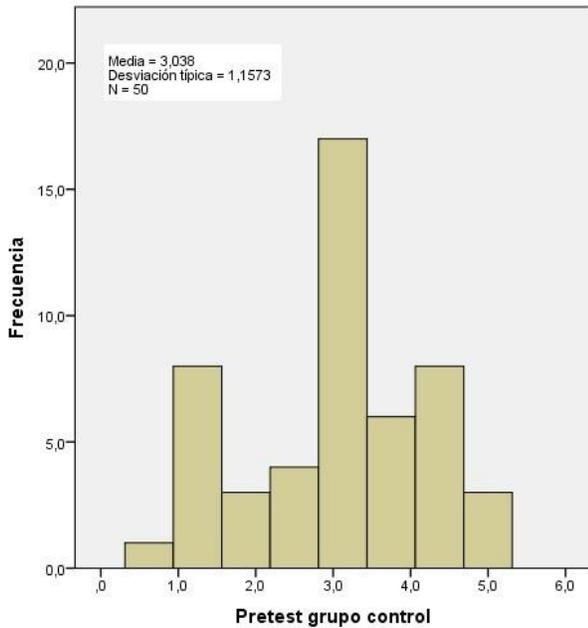


Figura 14. Nota obtenida en el pre-test por el grupo control **Fuente:** Elaboración propia

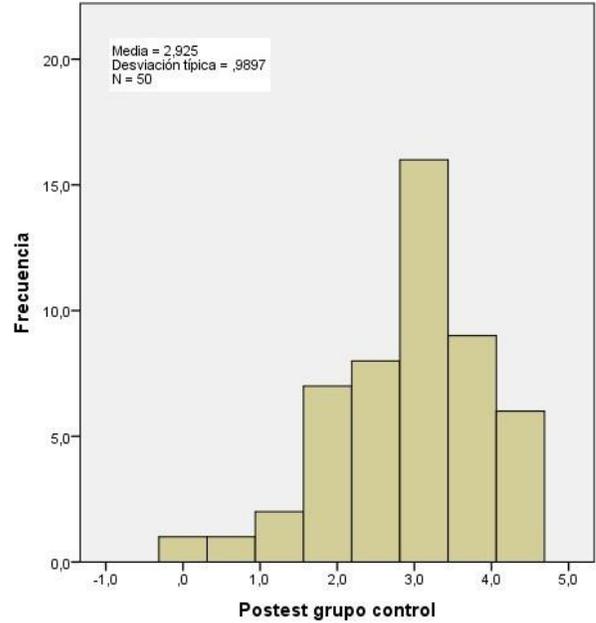


Figura 15. Nota obtenida en el pos-test por el grupo control **Fuente:** Elaboración propia

Para determinar el tamaño del efecto, se utiliza el factor g de Hedges para calcular la ganancia de aprendizaje y comparar las medias y desviaciones. En la Tabla 8 se muestran las medias y desviaciones, mientras que en la Tabla 9 se presentan las medias y desviaciones para la muestra relacionada de las dos pruebas pre-test y pos-test.

**Tabla 8.** Estadísticos de muestras relacionadas

	Media	N	Desviación típica	Error típico. de la media
Pre-test grupo experimental	2,625	50	,8929	,1263
Pos-test grupo experimental	3,788	50	,7514	,1063

Estadísticos de muestras relacionadas utilizando la prueba T con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo experimental.

**Tabla 9.** Estadísticos de muestras relacionadas, prueba T

Medidas		Pre-test y pos-test
Media		-1,1625
Desviación.		1,1642
Error		,1646
95%	Inferior.	-1,4934
	Superior	-,8316
t		-7,061
gl		49
Significancia		,000

Estadísticos de muestras relacionadas pre-test y pos-test utilizando la prueba T con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo experimental.

Al aplicar el factor g de Hedges y considerando las medias y desviaciones de cada prueba, así como las muestras relacionadas, se obtiene un coeficiente de 0.992327. Esto indica que la ganancia de aprendizaje se encuentra en el nivel grande (>0.8), de acuerdo con las convenciones adoptadas para su interpretación.

### 5. Conclusiones y/o consideraciones finales

Al interactuar directamente con los materiales y equipos de laboratorio, el fenómeno de estudio se acerca a la realidad del estudiante, dejando de ser un modelo abstracto e idealizado como suele ser en el aprendizaje de la cinemática. El estudiante utiliza sus sentidos y habilidades de pensamiento para analizar el movimiento de la esfera. Esto se evidencia cuando los estudiantes detectan errores en la medición del tiempo y mencionan que la medida no es coherente con su lógica. Este hecho pone de manifiesto un proceso cognitivo importante, el "aprendizaje activo". Ahora hay una verdadera correspondencia entre la interpretación, asociación, modelación y análisis del fenómeno, lo que lleva a la construcción de un aprendizaje significativo. Sus conocimientos previos se están modificando o fortaleciendo, y las variables de tiempo, velocidad y distancia se vuelven perceptibles y se manifiestan con propiedades que ellos están estudiando.

Al realizar la práctica experimental y contrastar los resultados con el modelo teórico mediante la simulación, se revelan las características y condiciones de los sistemas ideales. Los estudiantes tienen la capacidad de desarrollar habilidades de pensamiento de alto nivel al explicar, argumentar o proponer las condiciones o factores que intervienen para obtener esos resultados.

Cada ecuación o modelo tiene un significado en el comportamiento de la naturaleza, pero esto solo se puede comprender al analizar cada uno de los factores que intervienen en el fenómeno. De lo contrario, se convierte en una simple ecuación con reglas y principios matemáticos mecánicos. El hecho de que los estudiantes operen adecuadamente los términos para resolver un ejercicio no significa que comprendan el principio físico subyacente. Por eso, se recomienda implementar la metodología REMSI en la construcción de diferentes conocimientos. Esta metodología comprende el verdadero significado o principio y proporciona los elementos necesarios para generar un aprendizaje significativo.

Los sensores de tiempo cumplieron su objetivo, ya que las mediciones son muy precisas, como se refleja en la construcción de las gráficas de posición y velocidad en función del tiempo. Su manejo es intuitivo y se pueden implementar en muchas prácticas de laboratorio, además de las abordadas en este estudio. Se recomienda su reproducción.

En el análisis intergrupar con la prueba de Wilcoxon, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos después de la intervención a favor de la metodología REMSI. Esto permite inferir que la estructura de realidad, modelamiento y simulación cuenta con elementos que permiten desarrollar conocimiento y comprensión en las competencias de ciencias naturales. Además, el efecto se encuentra en la escala más alta del factor g de Hedges.

Esta investigación forma parte de un trabajo realizado por el mismo autor del artículo como parte

de su maestría y comparte los mismos resultados. Se recomienda consultar el trabajo completo para obtener más información sobre cada uno de los procesos llevados a cabo en esta investigación.

Vascak. (n.d.). *Movimiento con velocidad constante, recuperado el 10/09/2022*. Retrieved September 9, 2022, from [https://www.vascak.cz/data/android/physicsatshool/template.php?s=mech\\_pohyb&l=es](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatshool/template.php?s=mech_pohyb&l=es)

## 6. Referencias

- Abdollahyan, H. (2019). *SPSS Kolmogorov-Smirnov Test for Normality-The Ultimate Guide.pdf*. <https://orcid.org/0000-0003-4852-5300>
- Bravo, A., Castañeda, J., Rodríguez, L., Hernández, I., & Hernández, L. (2016). Asociación Colombiana de Facultades de ingeniería Itades de ingeniería de Facu de Facu Teaching of mathematics in engineering: Mathematical modeling and contextual mathematics. *Revista Educación En Ingeniería, 11*(21), 27–31.
- Cemlad, B., & Cahuana, B. (n.d.). *Taxonomia de bloom*.
- Flores-Ruiz, E., Guadalupe Miranda-Novales, M., Ángel Villasis-Keever, M., & Ángel Villasis-Keever miguel, M. (2017). Metodología de la investigación. In *Rev Alerg Mex* (Vol. 64, Issue 3). <http://www.revistaalergia.mx>
- Icfes. (2019). *Marco de referencia de la prueba de ciencias naturales Saber 11.º*. Bogotá: Dirección de Evaluación, Icfes.
- Insausti, M. & M. M. (2000). Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de física y química. *Investigações Em Ensino de Ciências, V5*(2), 93–119.
- Luz, M., & Palmero, R. (2011). *La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual*. Vol. 3(Núm 1).
- Milena, A., Rua, L., Eugenio, Ó., Alzate, T., & Rúa, L. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 8*(1), 145–166.
- Ministerio de Educación Nacional. (2022). *Resultados egresados examen saber 11º -2021 recuperado 21 de junio de 2022*. <https://www.mineduacion.gov.co/portal/salaprinsa/Noticias/409545:icfes-presento-a-la-comunidad-educativa-el-Informe-de-los-Resultados-agregado-Saber-11-en-2021>
- Romero, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista de Enermería Del Trabajo, 6:3* (105-114).
- Prueba de Ciencias Naturales, I. (2018). *Cuadernillo de preguntas Saber 11.º*.