

# Stick-Slip, fuerzas de roce y una secuencia didáctica



Nicolás Fernández<sup>1</sup>, Nicolás Carrasco<sup>2</sup>, Germán Varas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Playa Ancha, Laboratorio de Didáctica de la Física, Subida Leopoldo Carvallo 270, Valparaíso, Chile.

<sup>2</sup>Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Avenida Universidad 330, Valparaíso, Chile.

E-mail: nicolas.fernandez@upla.cl

(Recibido el 27 de junio de 2023, aceptado el 30 de agosto de 2023)

## Resumen

La siguiente es una investigación de diseño de una secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto de fuerza de roce. Las actividades se enmarcan en un ciclo de aprendizaje, con preguntas que promueven un razonamiento cualitativo con énfasis experimental. Se construye un experimento de bajo costo que evidencia el proceso de Stick-Slip, en donde durante un momento de la experiencia, la fuerza de roce estática va dirigida en el sentido del movimiento de un bloque. Esto permitió trabajar la preconcepción de que la fuerza de roce siempre apunta en sentido contrario al movimiento de un objeto. Posterior al proceso de planificación, diseño, validación y aplicación, se midió el impacto de la secuencia en alumnos de secundaria. El indicador de ganancia de aprendizaje obtenido fue de  $\langle g \rangle = 0.69$ , un resultado consistente con la literatura para metodologías de aprendizaje activo.

**Palabras clave:** Experimentación, Fuerzas de Roce, Secuencia didáctica, Stick-Slip.

## Abstract

The following is a design investigation about a didactic sequence to teach and learn the concept of friction force. The activities are framed within a learning cycle, with questions that develop qualitative reasoning about situations related to everyday life and with an experimental emphasis. An experiment is built that evinces the Stick-Slip process, where during a moment of the experience, the static friction force is directed in the path of the movement of a block from the student's frame of reference. This allowed us to work on the preconceived idea that the friction force always points in the opposite direction to the motion of an object. After the processes of planning, design, validation, and application, the impact of the sequence in secondary school students was measured by means of a test that allows not only to carry out a quantitative analysis but also to analyze the qualitative reasoning of the students. The learning gain indicator obtained was  $\langle g \rangle = 0.69$ , a result consistent with the literature on active learning methodologies.

**Keywords:** Low-Cost Experiment, Friction Force, Teaching Learning Sequence, Stick-Slip.

## I. FUERZAS DE ROCE, LA IMPORTANCIA DE SU ENSEÑANZA Y DIFICULTADES AL ABORDAR EL CONCEPTO.

La fricción, ha llamado constantemente el interés de científicos a través de los siglos. Si bien, algunas de las primeras investigaciones en torno al concepto datan de los trabajos de Leonardo Da Vinci, no son pocos los científicos de renombre que continuaron con su estudio aportando importantes descubrimientos, entre ellos Amontons, Coulomb y Euler [4]. En la actualidad, continúan publicándose artículos científicos que apuntan a robustecer la comprensión del fenómeno y explicar su comportamiento tanto desde el punto de vista simbólico, macroscópico y microscópico. En los textos escolares tradicionales, el concepto de fricción es abordado generalmente de dos maneras: con énfasis en aspectos simbólicos y mediante enunciados que generalizan y simplifican el fenómeno. Como consecuencia, quedan postergados tanto los elementos macroscópicos relacionados con situaciones cotidianas,

como las características microscópicas de la problemática. Si bien, es comprensible que las actividades no tengan un énfasis microscópico, ya que estos aún no son del todo comprendidos, los elementos macroscópicos relacionados con fenómenos observables de descripción cualitativa son por lo general excluidos. Esto último, tiene como consecuencia que tanto ecuaciones como representaciones simbólicas en general, tengan excesivo protagonismo dentro de las actividades propuestas.

A pesar de que actividades con ejercicios y problemas de énfasis cuantitativo son ampliamente utilizados en libros tradicionales con la finalidad de dar profundidad a la comprensión del fenómeno, estos son necesarios, pero no suficientes para desarrollar una comprensión funcional en los y las estudiantes. Las preguntas relativas a un razonamiento cualitativo y las explicaciones verbales son esenciales para desarrollar esta labor [9]. A su vez, es importante que los y las estudiantes tengan la libertad de expresar sus ideas con el objetivo de explicitar al docente el proceso de construcción de sus modelos conceptuales, elemento clave para evaluar el

progreso de los y las estudiantes. Esto último, permite al docente tener la oportunidad de realizar intervenciones retroalimentadoras en el momento oportuno. Estas consideraciones nos llevan a realizar una propuesta para solucionar la problemática que rota en torno a las actividades que comúnmente se utilizan para tratar el concepto de fricción en secundaria. Proponemos una secuencia didáctica que contenga preguntas de carácter cualitativo que permitan al estudiante explicitar sus ideas en torno a situaciones cotidianas relacionadas con las fuerzas de roce. Como parte de la secuencia utilizamos un experimento que evidencia el fenómeno de Stick-Slip en una versión de bajo costo, y que nos permitirá discutir con los estudiantes preconcepciones en torno a la problemática, entre ellas, la falsa creencia de que las fuerzas de roce siempre apuntan en sentido opuesto al movimiento de un objeto.

## II. LA EXPERIMENTACIÓN COMO PARTE DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE.

La actividad experimental es uno de los aspectos claves en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y, consecuentemente, este tema constituye una de las líneas de investigación más importantes en la didáctica de las ciencias desde hace ya mucho tiempo [1]. Nuestro interés como grupo de investigación, está en utilizar experimentos de bajo costo como parte de secuencias didácticas y medir su impacto, tanto en la ganancia de aprendizaje como en la evolución del razonamiento conceptual de nuestros estudiantes utilizando diferentes aproximaciones metodológicas.

El estudio de un nuevo concepto debería comenzar por ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión cualitativa del material a partir de la experiencia o de la observación [10]. Siguiendo esta línea, no son pocos los experimentos en torno a las fuerzas de fricción (algunos de ellos sorprendentes) que nos podemos encontrar en la literatura, los cuales son atractivos para la comunidad de profesores de física por su bajo costo, algunos de estos son

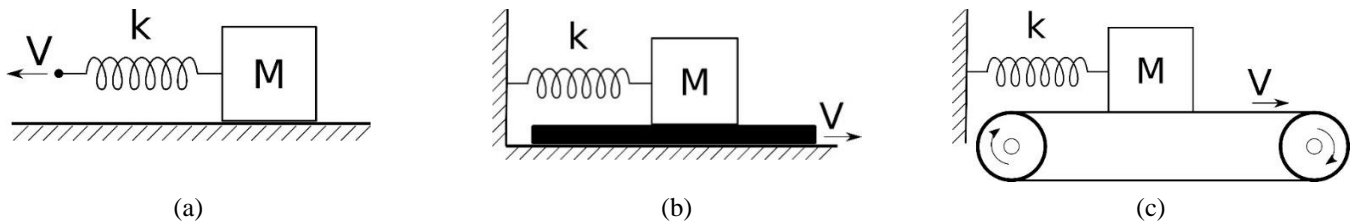
utilizados como motivadores de inicio de clase [13], transformándose en momentos significativos para los estudiantes dentro de su proceso formativo.

Los experimentos podrían eventualmente ser parte de ciclos de enseñanza aprendizaje para aprovechar todo su potencial didáctico, invitando al estudiante a desarrollar sus modelos conceptuales con la finalidad de dar una explicación coherente y argumentada a distintos fenómenos. Como parte de las actividades de nuestra secuencia didáctica, se propone la construcción y análisis de un experimento que muestra el proceso de Stick Slip.

## III. STICK-SLIP: UNA EXPERIENCIA PARA EL TRATAMIENTO DE LA FRICCIÓN.

Escogimos un experimento que exhibe el proceso de Stick Slip, ya que puede ser fácilmente construido por los y las estudiantes en un laboratorio escolar, es de bajo costo y permite visualizar en una misma experiencia tanto la fuerza de roce estática y cinética.

En la figura 1 (a), se muestra el sistema físico más simple que permite evidenciar el fenómeno de Stick-Slip, el cual consiste en un cuerpo de masa  $M$  que puede deslizarse sobre una superficie horizontal. El cuerpo se encuentra conectado a un resorte de constante elástica  $K$  y es tirado desde el extremo libre del resorte, el cual se mueve con velocidad constante  $V$ . *Stick* hace referencia al momento en donde la rapidez relativa entre ambas superficies en contacto es cero. Es durante este momento en donde la fuerza de roce estático actúa. En tanto *Slip* se refiere al momento en donde ambas superficies en contacto tienen una rapidez relativa de valor finito. Es en este momento en donde actúa la fuerza de roce cinética [6]. Para obtener un mayor control de la experiencia, desde la literatura se proponen alternativas con sistemas físicos equivalentes al de la situación anterior. En la figura 1 (b) un cuerpo de masa  $M$  se conecta a una pared fija a través de un resorte de constante elástica  $K$ , mientras una superficie plana rugosa se desliza a velocidad constante debajo del cuerpo [3].



**FIGURA 1.** (a) Sistema físico simple que exhibe un proceso de Stick-Slip. (b) Sistema equivalente, en donde una superficie rugosa se mueve con velocidad constante debajo del cuerpo de masa  $M$ . (c) Experimento análogo construido por nuestros estudiantes.

Como parte de sus actividades, los y las estudiantes, construyeron un experimento análogo que se muestra en la figura 1 (c), el que consiste en una pequeña banda transportadora soportada con dos tubos de PVC de 15 cm en cada extremo. La banda en este caso corresponde a una banda elástica económica comúnmente utilizada en ejercicios

deportivos. Uno de los extremos de uno de los tubos de PVC es conectado a un motor extraído de un auto de juguete, como consecuencia, el tubo girará provocando que la banda transportadora se mueva con velocidad constante. La ventaja de este dispositivo es que permite observar el fenómeno por un largo tiempo, obteniendo con esto una mayor comprensión

por parte de los estudiantes. El sistema puede ser montado sobre cartón o madera utilizando rodamientos en los extremos de los tubos de PVC. En nuestro caso, utilizamos 4 pequeños rodamientos que se extrajeron de *Spinners*, un juguete económico muy popular que puede ser fácilmente encontrado en nuestro país. Sobre la banda transportadora ubicamos un pequeño bloque de madera de masa  $M$ , el que se encuentra conectado a una pared fija a través de un resorte de constante elástica  $K$ . Eventualmente, se podrían utilizar otro par de materiales tanto para la banda como para el bloque, sin embargo, el tiempo que duran las fases de “Stick” y “Slip”, depende de la diferencia entre los coeficientes de roce estático y cinético entre las superficies en contacto y de la velocidad de la banda transportadora. Esto es importante para que los y las estudiantes puedan observar de una manera no muy rápida las transiciones de “Stick” a “Slip” y viceversa. Para nuestro experimento, el proceso ocurre de la siguiente manera: en un instante inicial, el bloque se encuentra sin esfuerzos sobre la banda transportadora, la banda comienza a moverse con velocidad constante y el bloque avanza en la fase “Stick” hasta que la fuerza de roce estática alcanza su valor máximo y de igual valor a la fuerza que ejerce el resorte sobre el bloque, en este momento es cuando comienza la fase “Slip” y comienza a actuar la fuerza de roce cinética mientras el bloque desliza hacia atrás. Una vez que el bloque adquiere nuevamente la rapidez de la banda transportadora, comienza a repetirse el proceso de forma periódica.

Este experimento es una oportunidad para trabajar las diferencias existentes entre las fuerzas de roce estática y cinética en un contexto ligeramente diferente al comúnmente estudiado por los estudiantes, en donde generalmente la superficie se encuentra en reposo y los bloques se mueven sobre esta. Con esta experiencia, podemos discutir concepciones erróneas ampliamente difundidas, como la que menciona que la fuerza de roce siempre tiene sentido opuesto al movimiento de un objeto. En particular, en nuestro experimento, la fuerza de roce estática apunta en la dirección del movimiento cuando el resorte comienza a estirarse al accionar el mecanismo mostrado en la figura 1 (c) y el bloque comienza a moverse hacia la derecha. En complemento, podemos realizar un vínculo entre el experimento con fenómenos naturales y artificiales, como deslizamientos de tierra, el movimiento de un limpia parabrisas y el mecanismo de la emisión del sonido de un violín al ser frotado con su arco, entre otros [3].

## IV. METODOLOGÍA

Para el diseño de las actividades de la secuencia, usamos un ciclo de enseñanza aprendizaje de cuatro fases: Exploración, introducción de nuevas variables, estructuración y aplicación [7]. En concordancia con la literatura revisada, las actividades de cada fase contienen preguntas que promueven

el razonamiento cualitativo y el experimento Stick-Slip es parte de la fase de aplicación. A continuación, se muestran una descripción de cada fase y algunas de las preguntas más importantes que son parte de las fichas de actividades. Junto a cada pregunta se adjunta el objetivo que subyace a la formulación de cada una de ellas.

### A. Fase N°1: Exploración.

En la fase de exploración el docente comienza contextualizando y destacando la importancia de las fuerzas. Se ejemplifica con una situación cotidiana de dos personas tirando de una cuerda, haciendo preguntas que permitan visibilizar las concepciones de los estudiantes en torno a las fuerzas que se ejercen tanto en el centro como en los extremos de la cuerda (incluyendo direcciones y sentidos) e identificar si el concepto de fuerza de roce se encuentra o no presente en las ideas previas de los estudiantes. El docente debe estar atento a cada grupo de trabajo para ir conflictuando cada hipótesis que se vaya armando en la discusión de manera de visibilizar la construcción del aprendizaje. Finalmente corroborar de que cada pregunta sea respondida para avanzar a la siguiente fase.

### B. Fase N°2: Introducción de nuevas variables.

El docente realiza una segunda ejemplificación que consiste en mostrar el punto crítico donde una masa está a punto de deslizar en un plano inclinado de madera, luego se repite la experiencia, pero se enjabona el plano inclinado y se vuelve a observar el punto crítico donde la masa está a punto de deslizar, visualizándose el cambio y diferencias entre el caso uno y dos. El docente debe realizar preguntas orientadoras para conectar esta experiencia con la fase N°1 en particular con la interacción entre la superficie y los pies de los niños.

### C. Fase N°3: Estructuración.

En esta fase, los estudiantes deberán integrar las nuevas variables que fueron incorporadas en la fase de introducción. En esta tercera ficha didáctica, el docente se debe preocupar de orientar a los estudiantes para que incorporen las nuevas variables de manera correcta en los problemas anteriores para abordarlos desde un nuevo punto de vista.

### D. Fase N°4: Aplicación.

Finalmente, en esta fase los estudiantes deberán utilizar todo el aprendizaje construido para analizar el fenómeno de Stick-Slip. Para ello, además de construir el experimento, deberán responder las preguntas presentes en la última ficha didáctica, esto último ayudará al docente a visibilizar el aprendizaje de cada estudiante.

TABLA 1. Descripción general de las actividades incluidas en la SEA.

Tipo de Actividad	Momento de SEA	Descripción General de las Actividades
Exploración	Sesión 1	<p><b>Pregunta 1:</b> Una imagen muestra un niño y una niña tirando cada uno del extremo de una cuerda, ambos se encuentran en reposo. <b>Identifica</b> que fuerzas están actuando en el centro de la cuerda y en el extremo de la cuerda donde la niña está sujetando. <b>Argumente.</b></p> <p><b>Pregunta 2:</b> Dibuje un diagrama de cuerpo libre (D.C.L) de las fuerzas que actúan en el centro de la cuerda y en el extremo de la cuerda donde la niña está sujetando.</p> <p><b>Pregunta 3:</b> ¿Por qué razón cree usted que la cuerda no se resbala de las manos cuando los niños tiran de ella? <b>Argumente.</b></p> <p><b>Pregunta 4:</b> Si los niños están tirando de la cuerda sobre el pasto sin resbalar, ¿Por qué cree usted que no se deslizan y caen? <b>Argumente.</b></p>
Introducción de nuevas variables	Sesión 2	<p><b>Pregunta 1:</b> Una imagen muestra un bloque en reposo sobre un plano inclinado. <b>Identifica</b> las fuerzas que están actuando sobre el bloque en reposo.</p> <p><b>Pregunta 2:</b> Dibuje un D.C.L identificando las fuerzas que actúan sobre el bloque en reposo.</p> <p><b>Pregunta 3:</b> Si la superficie es enjabonada y luego se pone el bloque. ¿Qué cree que ocurrirá? <b>Argumente.</b></p> <p><b>Pregunta 4:</b> ¿Cuál es la <b>diferencia</b>, si es que existe, entre el D.C.L inicial y el D.C.L con la superficie enjabonada? <b>Argumente.</b></p>
Estructuración	Sesión 3	<p><b>Pregunta 1:</b> Volvamos al ejemplo de la niña de la parte 1 y <b>dibuje</b> un D.C.L del extremo de la cuerda donde la niña está agarrando.</p> <p><b>Pregunta 2:</b> Estando en reposo un bloque en un plano horizontal, ¿existe fuerza de roce que actué sobre él? <b>Argumente.</b></p> <p><b>Pregunta 3:</b> Estando en movimiento el bloque anterior. ¿Existe fuerza de roce que actué sobre él? <b>Argumente.</b></p> <p><b>Pregunta 4:</b> ¿Existe o no una diferencia entre el D.C.L con el bloque en reposo y el bloque en movimiento? <b>Fundamenta.</b></p> <p><b>Pregunta 5:</b> Tome el ejemplo del bloque en reposo en el plano horizontal y el bloque en reposo en el plano inclinado. <b>Explique</b> cómo es la fuerza de roce en ambos casos.</p> <p><b>Pregunta 6:</b> ¿Existe diferencia en la fuerza de roce cuando el bloque está en movimiento, cuando el bloque está quieto en un plano inclinado y cuando el bloque está quieto en un plano horizontal? <b>Generalice</b> su respuesta.</p>
Aplicación	Sesión 4 y Sesión 5	<p><b>Pregunta 1:</b> ¿Cómo se mueve la masa conectada al resorte que se encuentra sobre la cinta en movimiento? <b>Describe.</b></p> <p><b>Pregunta 2:</b> ¿A qué cree que se deba este movimiento? <b>Argumente</b></p> <p><b>Pregunta 3:</b> Dibuje un D.C.L del bloque al inicio del movimiento (cuando el resorte se estiro levemente) y para el movimiento completo (cuando el resorte se estira completamente)</p> <p><b>Pregunta 4:</b> Con respecto a la fuerza elástica ejercida por el resorte ¿es mayor, menor o igual a la fuerza de roce estático sobre la masa al inicio del movimiento? ¿Por qué? <b>Argumente.</b></p> <p><b>Pregunta 5:</b> Con respecto a la fuerza elástica ejercida por el resorte ¿es mayor, menor o igual a la fuerza de roce estático cuando el bloque está en movimiento completo? ¿Por qué? <b>Argumente.</b></p> <p><b>Pregunta 6:</b> El siguiente dibujo, representa dos placas tectónicas (la placa de Nazca y Sudamericana) y su interacción. Al liberar su energía realizan un cierto movimiento. <b>Explique</b> cómo es el movimiento de las placas para liberar dicha energía acumulada, el cual es la causante de un terremoto.</p> <p><b>Pregunta 7:</b> <b>Mencione</b> al menos un ejemplo de la vida cotidiana en que usted crea que está el fenómeno Stick-Slip presente.</p> <p><b>Pregunta 8:</b> Escriba una <b>conclusión</b> de lo aprendido en relación a la fuerza de roce y coeficiente de roce.</p>

**Fuente:** Elaboración Propia.

Las actividades fueron validadas de forma interna mediante el ciclo de John Elliot [5] y de forma externa mediante una adaptación del modelo respondiente de Robert Stake [12]. Estas se aplicaron en tercer año de secundaria en un curso electivo de física. El curso estaba compuesto de diez estudiantes, con un rango de edad entre los 16 y 17 años. Cabe mencionar, que en nuestro contexto educacional los cursos de electivo de física por lo general cuentan con pocos estudiantes, entre otras cosas, por reformas curriculares implementadas el año 2019 en la cual los estudiantes deben escoger entre una gran cantidad de asignaturas electivas en sus dos últimos años de enseñanza secundaria. Los estudiantes trabajaron las actividades en equipos discutiendo cada una de las fichas didácticas. Dos de los grupos de trabajo

estaban conformados por tres estudiantes y un grupo estaba conformado por cuatro estudiantes.

El tiempo de aplicación fue de 5 sesiones de dos horas, en donde en las primeras 3 sesiones se abordaron las tres primeras fases, la cuarta sesión se dedicó exclusivamente a la construcción del experimento Stick-Slip y la última sesión terminó con la fase de aplicación. Antes de comenzar la fase de exploración, se procedió a aplicar un pretest de diez preguntas, relacionadas con los conceptos de fricción [2]. En concordancia con el diseño escogido, el test, si bien es de alternativas, ofrece la posibilidad al estudiante de argumentar sus explicaciones, de tal manera de que da la posibilidad al docente de evaluar el razonamiento cualitativo de los estudiantes. Posterior a la instrucción, se procedió a aplicar el mismo test a modo de post test. Con la información obtenida, se procedió a analizar el estado inicial y final de cada

estudiante, analizando la evolución de sus razonamientos cualitativos y calculando la ganancia de aprendizaje mediante el indicador G de Hake [8]. Esto último, nos dará una estimación en cuanto al avance en el aprendizaje de los conceptos y de la eficacia de la intervención empleada.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la tabla 2 se sintetizan los porcentajes de respuestas correctas de cada estudiante a las preguntas tanto del pre test como del post test. A su vez, se presenta el porcentaje de ganancia máxima a la que puede optar cada estudiante con respecto a su desempeño en el pretest y el porcentaje de ganancia obtenida por cada estudiante considerando su resultado final en el posttest.

**TABLA 2.** Desempeño porcentual de los estudiantes antes y después de la intervención.

Estudiante	%Pretest	%Postest	%<G> <sub>max</sub> <sup>a</sup>	%<G> <sup>b</sup>
1	30	90	70	60
2	10	90	90	80
3	30	90	70	60
4	10	90	90	80
5	0	90	100	90
6	20	90	80	70
7	40	90	60	50
8	30	40	70	10
9	20	40	80	20
10	10	40	90	30

<sup>a</sup><G><sub>max</sub> representa la ganancia máxima posible en el test.

<sup>b</sup><G>max representa la ganancia máxima posible en el test.

Con la información de la tabla 2, podemos calcular el indicador de ganancia de aprendizaje normalizado <g> siguiendo la siguiente ecuación y clasificarlo como ganancia baja, media o alta según los intervalos propuestos por el autor:

$$\langle g \rangle = \frac{\% \langle \bar{G} \rangle}{\% \langle \bar{G} \rangle_{\max}}$$

Alta:  $g \geq 0.7$   
 Media:  $0.3 \leq g < 0.7$   
 Baja:  $g < 0.3$

Los valores del indicador de ganancia oscilan generalmente entre 0 y 1, en nuestro caso particular, obtuvimos un indicador de 0.69, clasificando la ganancia de aprendizaje de nuestra clase en el límite medio-alto, lo cual es esperable para actividades pertenecientes a una instrucción activa. El

obtener un indicador de ganancia superior a 0.3 nos muestra un panorama con proyección para nuestra propuesta en relación al aprendizaje de los conceptos de física y la eficacia de la metodología que hemos utilizado para nuestro trabajo.

A modo de complementar y ser coherentes con la propuesta, en la tabla 3 presentamos los razonamientos más recurrentes extraídos tanto del Pre Test como del Post Test. Esta información se obtuvo procesando la información tanto del test como de las actividades con ayuda de un software de análisis cualitativo.

A su vez, para ser consistentes con lo declarado, y dar importancia al razonamiento cualitativo, se presenta la evolución de los modelos conceptuales de los estudiantes a través de las fichas didácticas. La tabla 4 presentada a continuación emana de un proceso de categorización de la información obtenida a partir de las respuestas a las actividades.

**TABLA 3.** Razonamiento de los estudiantes tanto en el pre test como en el post test.

Pre-Test	Post-Test
- Si no hay fuerzas no hay movimiento.	- Objeto en reposo, implica que las fuerzas están en equilibrio.
- Fuerza de roce siempre opuesta a una fuerza.	- La sumatoria de fuerza es cero, por lo que el objeto está en reposo o con movimiento rectilíneo con velocidad constante.
- En reposo la única fuerza que actúa es el peso.	- Fuerza de roce siempre opuesta al movimiento.
- Fuerza de roce siempre opuesta al movimiento.	- Fuerza de roce dificulta el movimiento.
- Un objeto que se detiene está sujeto solo a la fuerza de roce	- Para que un objeto se mantenga en reposo mientras se aplica una fuerza, la fuerza de roce estática ira en contra de la fuerza aplicada.
- No argumenta sus respuestas, no explicita su razonamiento.	- Para que se produzca movimiento, la fuerza aplicada debe ser mayor que la fuerza de roce.
	- La fuerza de roce puede ir a favor del movimiento de un objeto, en casos particulares.
	- En una curva la fuerza de roce es la responsable que siga este tipo de movimiento, de no existir, el objeto resbalaría.
	- La fuerza de roce juega un rol fundamental en movimientos cotidianos como el caminar.

**Fuente:** Elaboración Propia.

TABLA 4. Razonamiento de los estudiantes a través de las fichas didácticas.

Fichas	Ficha Didáctica 1	Ficha Didáctica 2 y 3	Ficha Didáctica 4
Grupo 1	-Identifican la fuerza de roce. -Perciben una relación entre el tipo de superficie y la fricción involucrada. -Realizan un correcto diagrama de fuerzas.	-Identifican las fuerzas que actúan. -Relacionan el cambio en la fricción con una alteración en la superficie. -Diferencian entre fuerza de roce estático y cinético. -Asocian la interacción entre superficies con el coeficiente de roce. -Realizan un correcto diagrama de fuerzas.	-Fundamentan utilizando correctamente el concepto de fricción. -Concluyen que el cambio del coeficiente de roce afecta la fricción. -Realizan un correcto diagrama de fuerzas. -Fundamentan sus conclusiones con el cambio de magnitud entre las fuerzas involucradas.
Grupo 2	-No identifican la fuerza de roce. -Establecen una relación entre las superficies involucradas y la fricción. -No realizan un correcto diagrama de fuerzas.	-Identifican las fuerzas que actúan, incluyendo el roce. -Relacionan el cambio en la fricción con una alteración en la superficie. -Diferencian entre fuerza de roce estático y cinético. -Expresan el cambio de magnitud entre la fuerza de roce y la fuerza aplicada en distintas situaciones. -Realizan un correcto diagrama de fuerzas.	-Fundamentan utilizando correctamente el concepto de fricción. -Concluyen que el cambio del coeficiente de roce afecta la fricción. -Realizan un correcto diagrama de fuerzas. -Fundamentan sus conclusiones con el cambio de magnitud entre las fuerzas involucradas.
Grupo 3	-No identifican la fuerza de roce. -No relación las superficies involucradas con la fricción. -No realizan un correcto diagrama de fuerzas.	-Identifican las fuerzas que actúan, incluyendo el roce. -Relacionan el cambio en la fricción con una alteración en la superficie. -Diferencian entre fuerza de roce estático y cinético. -Asocian la interacción entre superficies con el coeficiente de roce. -Realizan un correcto diagrama de fuerzas. -Asocian la acción de la fuerza de gravedad con el movimiento en un plano inclinado.	-Fundamentan utilizando correctamente el concepto de fricción. -Concluyen que el cambio del coeficiente de roce afecta la fricción. -Realizan un correcto diagrama de fuerzas. -Fundamentan sus conclusiones con el cambio de magnitud entre las fuerzas involucradas.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Como podemos observar, los estudiantes transitaron de preconcepciones clásicas presentes en la literatura, a explicaciones más esperadas desde lo aceptado científicamente, sin embargo y a pesar de tener respuestas correctas en las preguntas de alternativas, aún se evidencian elementos erróneos o falta de robustez en algunos argumentos. Lo anterior nos hace reflexionar sobre dos elementos centrales: primero, la importancia de la evaluación del razonamiento cualitativo de los estudiantes a pesar de obtener respuestas correctas a un Test validado como el utilizado y segundo, lo complejo de lograr comprensión de ciertos rasgos elementales con respecto al comportamiento macroscópico de las fuerzas de roce. El evidenciar esto, permite al docente coordinar alguna instancia posterior a la secuencia didáctica (como por ejemplo una sesión especial) que permita reflexionar tanto a docente y estudiantes sobre los resultados y realizar intervenciones para la mejora.

## VI. CONCLUSIONES

En este artículo, mostramos un ejemplo de cómo utilizar un experimento de bajo costo para mejorar la comprensión de las ideas de fricción a través de una secuencia didáctica de enseñanza aprendizaje. Stick Slip es una experiencia con un potencial didáctico importante, y que puede ser construida fácilmente por nuestros estudiantes. Consideramos fundamental que los docentes realicen una medición del impacto de sus intervenciones didácticas, esto debe ser explícitamente abordado como parte del proceso formativo de los futuros profesores de física. Proponemos una forma simple, que considera el poco tiempo que tienen hoy los docentes de primaria y secundaria debido a lo arduo de su trabajo. Seguimos un modelo intuitivo de consideraciones previas, diseño, validación, aplicación y medición de impacto de la ganancia de aprendizaje y evolución de los razonamientos cualitativos. Esperamos que la forma de trabajo aquí presentada sea de utilidad para monitorear las intervenciones didácticas que realizamos con nuestros estudiantes, con la finalidad que las y los profesores realicen

un proceso de autoevaluación constante de su quehacer profesional.

## VII. REFERENCIAS

- [1] Carrascosa, J., Gil Pérez, D., y Vilches, A., *Papel de la actividad experimental en la educación científica*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **23**, 157-181 (2006). <https://doi.org/10.5007/%25x>
- [2] Chia, T., *Common misconceptions in frictional force among university physics students*, Teaching and Learning **16**, 107-116 (1996).
- [3] Di Liberto, F., Balzano, E., Serpico, M., y Peruggi, F., *What we can learn about Stick Slip Dynamics*. Applied Mechanics and Materials (**24-25**), 343-348 (2010). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.24-25.343>
- [4] Elena Popova y Valentin L. Popov., *The research works of Coulomb and Amontons and generalized laws of friction*, Friction **3**, 183-190 (2015). <https://doi.org/10.1007/s40544015-0074-6>
- [5] Elliot, J., *La investigación-acción en educación (4ta Ed.)*. (Morata, Madrid, 2000).
- [6] Gao, C. *Stick-Slip Motion in Boundary Lubrication*, Tribology-Transactions **38**, 473-477 (1995). <https://doi.org/10.1080/10402009508983431>
- [7] Jorba, J., Sanmartí, N., *Enseñar, Aprender y Evaluar: Un proceso de evaluación continua*. Propuesta didáctica para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas. (1994)
- [8] Hake, R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A sixth-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, American Journal of Physics **66**, 64-74 (1998). <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- [9] McDermott, L.C., *How we teach and how students learn—A mismatch?*, American Journal of Physics **61**, 295-298 (1993). <https://doi.org/10.1119/1.17258>
- [10] McDermott, L., *Students' conceptions and problem solving in mechanics*, in Connecting Research in Physics Education with Teacher Education, edited by A. Tiberghien (1997).
- [11] Leonard Jossem, E. and Barojas, J., (International Commission on Physics Education, Paris, 1997), pp. 42- 47.
- [12] Stake, R., *The countenance of educational evaluation*, Teacher Colleague Record **68**, 523-540 (1967).
- [13] Vera, F., Fernández, N., Ortiz, M., *A simple alternative to the phonebook friction demonstration*, The Physics Teacher **56**, 370 - 372 (2018). <https://doi.org/10.1119/1.5051149>