

# Secuencia didáctica para la enseñanza de la ley de Snell utilizando simuladores



**Manuel Sandoval Martínez<sup>1</sup>, César Mora<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Tecnológico Nacional de México. Campus Comalcalco. Carr. Vec. Comalcalco-Paraíso, Km. 3 R/a Occidente 3ra Secc., México*

<sup>2</sup>*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional. Av. Legaria No. 694, Col. Irrigación, Del. Miguel Hidalgo, CP11500, México.*

**E-mail:** manuel.sandoval@comalcalco.tecnm.mx

(Recibido el 11 de julio de 2021; aceptado el 30 de noviembre de 2021)

## Resumen

Se presentan los resultados de la aplicación de una secuencia didáctica basada en aprendizaje por indagación y el uso de simuladores Phet para la enseñanza de la ley de Snell; se trabajó con 24 estudiantes de tercer semestre de la carrera ingeniería en sistemas computacionales. La secuencia consta de cuatro actividades para trabajar con el simulador, seis ejercicios sobre el uso de la definición de índice de refracción y la ley de Snell. Las clases se tomaron de manera virtual y los reportes de las actividades se enviaron a través de la plataforma Moodle. Los resultados indican que el nivel de comprensión de los fenómenos estudiados, fue aumentando progresivamente, la mayoría de los estudiantes obtuvieron puntajes adecuados en sus reportes, calificados según la lista de cotejo seleccionada para ello. Se encontró que, la mayoría de los estudiantes (80%) resolvían satisfactoriamente los problemas planteados en las actividades encomendadas. De esta manera, pudieron realizar cálculos de la velocidad de la luz en un medio, del índice de refracción y el ángulo crítico de una forma no tradicional. Por otro lado, una encuesta de satisfacción señala que el 80% de los estudiantes se sienten totalmente satisfecho con la forma de trabajar con esta secuencia de aprendizaje y consideran que otros estudiantes deberían trabajar de esta manera.

**Palabras clave:** Ley de Snell, secuencia didáctica, simuladores, enseñanza de la óptica geométrica.

## Abstract

The results of the application of a didactic sequence base on inquiry learning and the use of Phet simulators for the teaching of Snell's law are presented; we worked with 24 third-semester students of engineering degree in computer system. The sequence consists of four activities to work with the simulator, six exercises on the use of the definition of refractive index and Snell's law. The classes were taken virtually and the reports of the activities were sent through the Moodle platform. The results indicate that the level of understanding of the phenomena studied increased progressively, most of the students obtained adequate score in their reports, qualified according to the checklist selected for this. It was found that most of the students (80%) satisfactorily solved the problems raised in the assigned activities. In this way, they were able to perform calculations of the speed of the light in a medium, the refractive index and the critical angle in a non-traditional way. On the other hand, a satisfaction survey indicates that 80% of the students feel completely satisfied with the way of working with this learning sequence and consider that other students should work with this sequence too.

**Keywords:** Snell law, didactic sequence, simulators, teaching optic geometric.

## I. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de los diversos conceptos de la física, tiende a ser complejo para los estudiantes de las carreras de ingeniería debido a, entre otras cosas, la falta de interés en dichos temas por considerarlos irrelevantes, las dificultades para manejar las herramientas matemáticas que se requieren para su estudio y, en muchas ocasiones, por la falta de nuevas metodologías de enseñanza por parte de los profesores [1]. En la actualidad existe una gran variedad de metodologías y herramientas para mejorar la forma de

enseñar la física en cualquier nivel educativo, el uso de las TIC ha proporcionado un aliciente para trabajar de manera dinámica y motivadora para los estudiantes; se pueden involucrar uso de Apps, páginas web, simuladores por computadora, simuladores en línea, etc. [2, 3]. Algunas investigaciones [4] indican que los estudiantes pueden desarrollar habilidades cognitivas mediante el uso de simuladores y con ello construir su propio conocimiento de manera adecuada y se sienten más motivados. Mayer, *et al.* [5], señalan que los estudiantes pueden consolidar su aprendizaje cuando los contenidos se presentan en formato

multimedia, visual y auditiva. Otras investigaciones [6] consideran que los usos de simuladores ofrecen un gran potencial para el aprendizaje, pero deben acompañarse por una estrategia didáctica adecuada para garantizar un aprendizaje significativo. En esta línea, Alzugaray [7] menciona que no se trata de elegir un simulador solo por ser atractivo sino que se debe acompañar de una buena estrategia de enseñanza, de tal manera que se debe evaluar con detenimiento el tipo de material a utilizar con los estudiantes y cómo se integra con los temas de la asignatura. También es importante señalar que estos estudiantes son de la generación de juegos digitales y redes sociales. No se puede ignorar que ya no son los mismos para los que se diseñó el sistema educativo hace algunas décadas, en la actualidad se requiere de nuevos modelos educativos donde los estudiantes aprendan a desarrollar sus habilidades cognitivas haciendo uso de las diversas herramientas computacionales que se encuentran a nuestra disposición. De acuerdo a lo antes descrito, es necesario diseñar estrategias didácticas adecuadas que impulsen el aprendizaje significativo de los estudiantes y, estas se deben acompañar del uso de herramientas que le permitan construir su aprendizaje de una manera más fácil. Rodríguez [12], menciona que para que el aprendizaje sea significativo, el material debe relacionarse de manera sustantiva a la estructura cognitiva de quien aprende.

La enseñanza de la óptica geométrica no es la excepción, incluso el número de investigaciones realizadas en esta área es muy escasa comparada con las investigaciones en mecánica newtoniana. Saeed [8], propone una estrategia de enseñanza para la óptica geométrica basada en talleres (workshop) en los cuales se dispone de pequeños dispositivos como lentes, espejos y apuntadores láser. Su estrategia consiste en formar equipos pequeños para trabajar con algunos experimentos simples; sus resultados indican que los estudiantes mostraron una alta motivación al trabajar de esta manera y aprendieron a realizar predicciones sobre el comportamiento de los rayos de luz al pasar por una lente. Bravo *et al.* [9], realizaron una estrategia para el aprendizaje de la formación de imágenes reales por refracción, por lo que era necesario estudiar la interacción luz-objeto. Con el uso de su metodología encontraron que los estudiantes pudieron construir un conocimiento coherente con los conceptos de reflexión, refracción y formación de imágenes con lentes. Chirino *et al.* [10], realizaron una investigación sobre enseñanza de la óptica geométrica utilizando el simulador Applet de Lentes y espejos encontrando que el aprendizaje de conceptos básicos de óptica geométrica fue significativo, así como motivante para los estudiantes ya que les permitió integrar la teoría con la práctica. Nguyen & Williams [11] han mostrado que al utilizar mayoritariamente herramientas de tipo TIC, en la enseñanza de la óptica, los estudiantes adquieren un aprendizaje significativamente mayor a aquellos grupos que no los utilizan. Otras herramientas utilizadas para la enseñanza en óptica, caso particular de la ley de la reflexión, es el uso de videos [13]; el uso de estas herramientas permite a los estudiantes consolidar sus conocimientos vistos en clases, o incluso se pueden dejar como tareas o actividades extracurriculares. Los trabajos de

Rodríguez *et al.* [12] indican que, para utilizar un software en la enseñanza, es necesario que el docente conozca el modelo que se utiliza, sus ventajas y desventajas del mismo, además de manejarlo adecuadamente.

En este trabajo, se presenta una estrategia didáctica en la cual se contempla el uso de uno de los simuladores de la Universidad de Colorado (Ley de reflexión y refracción) para la enseñanza de la ley de Snell, dentro de la cual se incluyen los estudios sobre la reflexión total interna.

## II. METODOLOGIA

### A. Secuencia didáctica

Se trabajó con un grupo de estudiantes del tercer semestre de la carrera Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico de México, Campus Comalcalco. El grupo contaba con 24 estudiantes, no se hizo distinción de género o edad. Los temas que se analizaron son: concepto de luz, velocidad de la luz, reflexión y refracción, reflexión total interna, fibra óptica. La secuencia didáctica está diseñada para que se analicen estos temas de la siguiente manera:

1. Analizar en clases el concepto de luz, índice de refracción y velocidad de la luz. Se resuelven algunos ejercicios utilizando la expresión  $n = v/c$ .
2. Se diseñaron cuatro actividades conceptuales para trabajar con el simulador “ley de reflexión y refracción de la luz” de la Universidad de Colorado. Una sesión se manejaba con los simuladores, y otra sesión de manera tradicional.
3. La actividad 1, tiene como objetivo deducir la ley de la reflexión (Anexo 1) y, estudiar la refracción de luz al pasar de un medio menos denso a otro más denso. Se hace un breve análisis de la absorción de la intensidad de la luz en ambos medios. Esta actividad se trabajó durante clases.
4. La Actividad 2, tiene la finalidad de utilizar la ley de Snell para determinar el índice de refracción de un medio desconocido y, a su vez, mediante tablas identificar el nombre del material. En esta actividad, se les solicitó a los estudiantes realizar un reporte y se calificó con la Lista de Cotejo 1, previamente enviada a los estudiantes.
5. La Actividad 3, permite estudiar el comportamiento de la velocidad de la luz al pasar de un medio a otro utilizando el simulador y comprobando los resultados con la expresión  $n = v/c$ . Esta actividad se realizó durante clases y no se solicitó reporte.
6. La Actividad 4, está diseñada para que los estudiantes comprendan bajo qué circunstancias se puede obtener la reflexión total interna que se puede producir entre dos medios de diferentes índices de refracción, mediante la ley de Snell ( $n_1 \text{sen}(\theta_1) = n_2 \text{sen}(\theta_2)$ ). De igual manera, se

analiza la forma en que el ángulo crítico se ve afectado por el cambio de un medio u otro. Los estudiantes entregaron un reporte, el cual se calificó con la Lista de Cotejo 2.

- Al finalizar cada subtema, el instructor realizó retroalimentación de los conceptos analizados y resolver las dudas de los participantes en cada tema estudiado, tanto en los ejercicios realizados como el manejo del simulador.

La secuencia didáctica se aplicó durante dos semanas (5 horas por semana), de manera virtual debido a la contingencia sanitaria que aún prevalece en estas fechas y los reportes se recibían a través de la plataforma Moodle. La calificación de la unidad se dividió en tres partes: Actividad 2 (30 puntos), Actividad 4 (50 puntos) y Examen (20 puntos). Las Actividades 1 y 3, no fueron consideradas en la calificación ya que se resolvieron durante clases y no se solicitó reporte de ellas. La intención de estas sesiones era que los estudiantes se familiarizaran con el simulador. Además, en el diseño de las actividades experimentales (simulador) se considera que los estudiantes podrán aprender a ordenar datos en tablas, elaborar gráficas y analizar la relación existente entre las variables involucradas. Por lo que, se puede asumir que los estudiantes podrán desarrollar habilidades genéricas que serán de utilidad a la posteridad.

### III. ANALISIS DE RESULTADOS

#### A. Actividad 1. Partículas ligeras vs presión

Al finalizar la aplicación de la secuencia didáctica, se procedió a analizar los reportes de las actividades enviadas por los estudiantes. Cabe recordar que tales actividades se calificaron utilizando una lista de cotejo, la cual fue validada por los autores de este trabajo. Los resultados encontrados se detallan a continuación.

En la Actividad 2, primer reporte (Figura 1), el 21% de los alumnos enviaron un reporte bien elaborado alcanzando el puntaje máximo (30 puntos); el 28% obtuvo 25/30 puntos, el 32% alcanzó 20/30 puntos y, el 19% de los participantes obtuvo menos de 20 puntos. Para la segunda semana de trabajo, se recibió el reporte de la Actividad 4 y se encontró lo siguiente: los 50 puntos lo alcanzaron un 45% (un incremento de más de 20% con respecto al primer reporte), lo que nos indica que a medida que se avanzaba en la secuencia didáctica los estudiantes mejoraban sus habilidades descriptivas de los experimentos virtuales y así como el manejo de la ley de Snell. Por otro lado, un 35% obtuvo 45/50 puntos y, 15% obtuvo entre 40 y 25 puntos y, solo un 5% obtuvo menos de 20/50 puntos. Cabe mencionar que, en este último caso, algunos estudiantes no enviaron todas sus actividades y por esa razón no alcanzaron el puntaje total. Para finalizar, los resultados del Examen aplicado (donde se incluyeron ejercicios de índice de refracción, refracción de la luz y cálculo de ángulo crítico) indican que cerca del 85% alcanzaron los 20 puntos, y solo

un 15% tuvieron menos de 15 puntos. La suma de los puntajes de los dos reportes y el examen representan la calificación de la Unidad de Aprendizaje. De esta manera, se encontró que el 80% del grupo acreditó la unidad satisfactoriamente, y solo el 20% no pudo acreditarla.

En la Figura 1, se muestra una parte del reporte enviado por una estudiante. Se puede observar que el uso de la ley de Snell, complementado con el simulador le permitió obtener el índice de refracción del material desconocido, así como también identificar que el material en cuestión es el diamante.

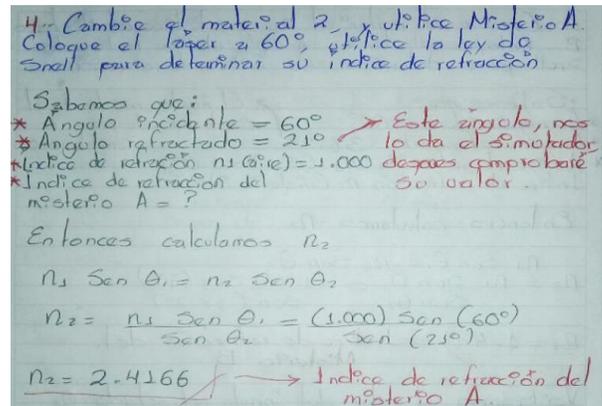


Figura 1. Reporte de la Actividad 2.

El análisis de los reportes enviados, señalan que en los aspectos que más dificultades tuvieron los estudiantes fue en la elaboración de la conclusión final, donde se pedía que señalaran la relación entre las variables involucradas en cada experimento. Sin embargo, para la Actividad 4 esos aspectos mejoraron considerablemente. De tal manera que, la secuencia didáctica aplicada ha sido de gran utilidad para que los estudiantes pudieran comprender algunos fenómenos de óptica geométrica, así como el manejo de la ley de Snell para encontrar el ángulo crítico entre dos medios y mejoraran sus habilidades descriptivas del fenómeno estudiado. En la Figura 2, se muestra la conclusión presentada por un estudiante, en donde señala que el simulador fue útil para comprobar los resultados que obtuvo con la ley de Snell.

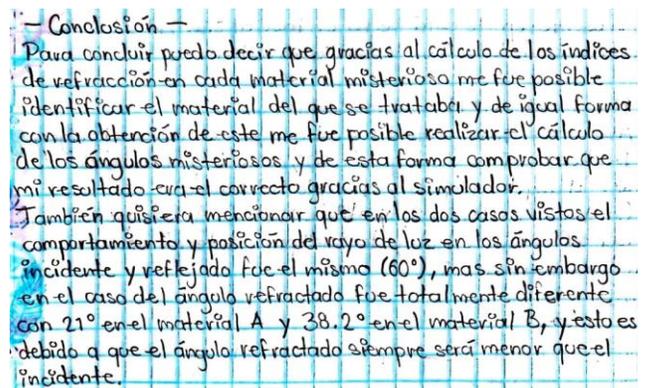


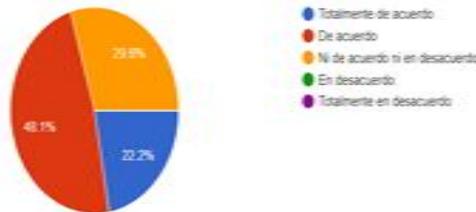
Figura 2. Conclusión de un estudiante de la Actividad 4.

**B. Encuesta de satisfacción**

Se aplicó una encuesta, al final de la instrucción del tema analizado, con la intención de conocer el nivel de satisfacción de los estudiantes con la secuencia didáctica utilizada durante esas dos semanas de clases. En el Anexo 3, se muestran las preguntas de dicha encuesta. Por medio de ella (Figura 3), se encontró que el 70% de los encuestados se mostró totalmente satisfecho con la secuencia y, el 30% se manifiesta neutral. Con respecto a si los conceptos se comprendieron mejor utilizando el simulador, el 77% se considera totalmente de acuerdo, sin embargo, un 11% piensa que no fue así. Por otro lado, un 74% señala que sus habilidades para analizar datos experimentales mejoraron considerablemente, el 22% se muestra neutral y solo un 4% indican que no le ayudó. Al cuestionarles sobre la cantidad de actividades realizadas, el 70% de ellos se muestra muy satisfecho, un 18% lo considera neutral y el 12% se muestra muy insatisfecho. Un cuestionamiento muy importante para el instructor es que el 55% considera que las instrucciones otorgadas no fueron muy claras, el 18% se muestra neutral pero un 37% señala que están muy insatisfecho con ello.

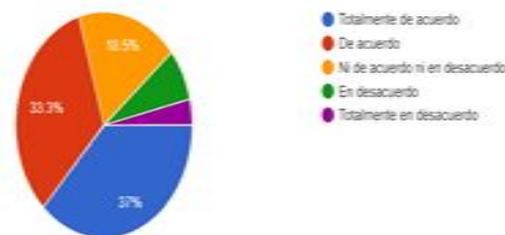
1. En mi experiencia, la secuencia de las actividades me pareció buena para comprender el tema

27 respuestas



7. La cantidad de actividades para trabajar en el simulador, fueron adecuadas

27 respuestas



**Figura 3.** Gráficas de pastel de la encuesta de satisfacción.

Este es un aspecto importante a considerar ya que, en la mayoría de las ocasiones como profesores consideramos que nuestras instrucciones son claras y que los estudiantes comprenderán sin dificultades las actividades a realizar. No obstante, lo encontrado en este caso nos indica que se debe poner mayor atención a la redacción de las instrucciones de nuestras actividades para facilitarles la forma de trabajar con los temas a estudiar. Por otro lado, el 74% manifiesta que la retroalimentación que se realizó en clases fue adecuada para solventar sus dudas. Aunado a esto, un 30%

de los participantes indica que tuvieron problemas de conexión para trabajar con el simulador, pero por otro lado un 90% considera que otros estudiantes deberían trabajar con este tipo de secuencia y actividades con simuladores de este tipo.

**Tabla I.** Nivel de satisfacción de la encuesta.

Cuartil	Intervalo	Nivel de satisfacción
Q1	11-20	Totalmente Insatisfecho
Q2	20-28	Insatisfecho
Q3	28-37	Neutral
<b>Q4</b>	<b>37-45</b>	<b>Satisfecho</b>
Q5	46-55	Totalmente Satisfecho

Para determinar el nivel de satisfacción de los estudiantes, se realizó un análisis estadístico dividiendo las categorías en quintiles, Tabla I. La encuesta consta de once enunciados tipo Likert, por lo que el puntaje mínimo es 11 puntos y, el máximo es de 55; para este caso, el promedio general fue de **43.18**. Los resultados muestran que el nivel alcanzado en términos generales es el de **Satisfecho (Q4)**. Por lo que podemos considerar que la secuencia didáctica aplicada fue altamente aceptada por los estudiantes y, esto nos da la seguridad de continuar trabajando por esta vía, el cual se combina el uso de herramientas gratuitas disponibles en la web con la creatividad de los profesores para diseñar actividades de razonamiento conceptual que permitan desarrollar diversas habilidades, tanto específicas como genéricas en los estudiantes.

**V. CONCLUSIÓN**

La aplicación de la secuencia didáctica presentada en este trabajo, a estudiantes de tercer semestre de la carrera ingeniería en sistemas computacionales, ha mostrado muy buenos resultados en cuanto a la comprensión y aplicación de la ley de Snell para explicar algunos fenómenos ópticos tales como la reflexión de la luz, la refracción de la luz al pasar de un medio a otro, así como la reflexión total interna. El uso del simulador permitió a los estudiantes visualizar con claridad la forma en la cual los rayos de luz se desvían al pasar de un medio a otro, así también pudieron utilizar la ley de Snell para calcular el índice de refracción de un medio desconocido y con ello determinar el tipo de material del cual se trata. El simulador les permitió checar los niveles de transmitancia de la luz al pasar de un medio a otro y, también medir la velocidad de la luz en dicho medio. Se encontró que la mayoría de los estudiantes realizaron sus reportes de manera adecuada, y se puede observar que hubo una mejora considerable en la comprensión del tema estudiado ya que, del reporte de la Actividad 2 al reporte de la Actividad 4 el puntaje máximo incrementó en más de un 20%, tanto en los resultados obtenidos al utilizar la ley de Snell como la redacción de la conclusión de dichos reportes. Al finalizar la instrucción, el 80% de los participantes acreditó satisfactoriamente la unidad

estudiada, y solo el 20% no la acreditó. Cabe señalar en este último punto que, dichos estudiantes no alcanzaron el puntaje mínimo para acreditar debido a que no entregaron las actividades completas o bien no presentaron el examen y no hubo justificación alguna por parte de ellos. Por otra parte, la encuesta de satisfacción nos indica que el 70% de los participantes se sintieron altamente satisfechos con esta forma de trabajar; aunque debe señalarse que un porcentaje considerable (37%) de estudiantes indicaron que las instrucciones no fueron totalmente claras, lo que nos indica que se debe estudiar cuidadosamente las instrucciones que se indican en las actividades a utilizar con el simulador. El análisis estadístico indica que los estudiantes se mostraron muy satisfechos (Q4) con la forma de trabajar con esta metodología. Como consecuencia, los resultados encontrados señalan que la estrategia utilizada ha sido muy efectiva y de alto agrado para los estudiantes.

## REFERENCIAS

- [1] Rodríguez, D., Mena, D., Rubio, C., *Uso de software de simulación en la enseñanza de la física. Una aplicación en la carrera de ingeniería química*, Tecnol. Ciencia Ed. **24**, 2 (2009).
- [2] Bohigas, X., Jaén, X., Novell, M., *Applets en la enseñanza de la física*, Enseñanza de las Ciencias **21**, 3 (2003).
- [3] Chistian, W., Belloni, M., *Physlet: Teaching physics with interactive curricular material*, (Prentice Hall, New Jersey, 2001).
- [4] Kofman, H., *Modelos y simulaciones computacionales en la enseñanza de la física*, Revista Educación en física **6**, 13-22 (2000).
- [5] Mayer, R., Heiser, J., Lonn, S., *Cognitive Constraints on multimedia learning: when presenting more materials results in less understanding*, Journal of Educational Psychology **93**, 1 (2001).
- [6] Fonseca, M., Hurtado, A., Lombana, C., Ocaña, O., *La simulación y el experimento como opciones didácticas integradas para la conceptualización en física*, Revista Colombiana de Física **38**, 2 (2006).
- [7] Alzugaray, G., Carreri, R., Marino, L., *La evaluación de software en la enseñanza de la física: criterios y perspectivas teóricas*, Revista científica del Instituto Latinoamericano de investigación **3**, 11 (2010).
- [8] Saeed, F., *An innovative teaching method for geometric optics using hand-on exercises in a large classroom setting to stimulated engaged learning*, Optometric education **38**, 2 (2013).
- [9] Bravo, B., Pesa, M., Rocha, A., *Implicancia de la enseñanza sobre el saber de los alumnos. El aprendizaje de fenómenos ópticos*, Revista electrónica de investigación en educación en ciencias **8**, 1 (2012).
- [10] Chirino, S., Palma, N., Rodríguez, G., *Aprendizaje de contenido de óptica geométrica utilizando software didáctico*, Revista de la Enseñanza de la Física **27**, (2015).
- [11] Guyen, N., Williams, P., *Teaching physics in Vietnam: integrating constructivist and sociocultural learning*

*principles with ICT*, Asian-Pacific Fourum on Science Learning and Teaching **20**, 1 (2019).

[12] Rodríguez, A., *Los applets interactivos en la enseñanza-aprendizaje de física, ¿qué opinan los estudiantes universitarios de primer curso?*, Quaderns digitais: Revista de nuevas Tecnologías y sociedad **43**, (2006).

[13] Rodrigues, M., Carvalho, P., *Teaching optical phenomena with Tracker*, Physics Education **49**, 6 (2014).

## ANEXOS

### Anexo 1. Actividades para el simulador

**Actividad 1.** Trabaja con la simulación llamada *Reflexión y refracción de la luz*. Siga las instrucciones indicadas a continuación, así como la lista de cotejo para elaborar su informe.

- Hacer click en “Más herramientas”.
- Arrastre el transportador y coloque su centro en el origen.
- Deslice el láser y colóquelo a 20°; actívelo y observe el valor del ángulo reflejado y el ángulo refractado. Anótelos en la tabla de abajo.
- Tome el medidor de intensidad, y mida en cada rayo el valor de su intensidad. Anótelo en la tabla.
- Repita el paso anterior, para llenar la tabla de abajo con los valores indicados.
- Elabore un análisis de los datos y mencione qué relación tienen el ángulo incidente con el ángulo reflejado.
- ¿Qué relación encuentras entre el ángulo incidente y el ángulo refractado? Elabore una conclusión.

Angulo incidente	Angulo reflejado	Angulo refractado	Intensidad
20°			
30°			
40°			
60°			

**Actividad 2.** Trabaja con la simulación llamada *Reflexión y refracción de la luz*. Siga las instrucciones indicadas a continuación, así como la lista de cotejo para elaborar su informe.

- Hacer click en “Más herramientas”.
- Arrastre el transportador y coloque su centro en el origen.
- Deslice el láser y colóquelo a 20°; actívelo y observe el valor del ángulo reflejado y el ángulo refractado.
- Cambie el material 2, y utilice Misterio A. Coloque el láser a 60°, utilice la ley de Snell para determinar su índice de refracción.

- Cambie el material 2, y utilice Misterio B. Coloque el láser a 60°, utilice la ley de Snell para determinar su índice de refracción.
- Apoyándose en una tabla de índices de refracción, diga de qué materiales se trata.

**Actividad 3.** Trabaja con la simulación llamada *Reflexión y refracción de la luz*. Siga las instrucciones indicadas a continuación, así como la lista de cotejo para elaborar su informe.

- Hacer click en “Más herramientas”.
- Arrastre el transportador y coloque su centro en el origen.
- Coloque el láser a un ángulo de 45°. Proceda a llenar la Tabla 1 cambiando los materiales como se indica. Mencione como afecta a la intensidad de la luz el cambio de los materiales.
- Calcule la velocidad de la luz para cada material de la Tabla 1. Mencione cómo afecta el cambio de materiales a la velocidad de la luz.
- Elabore una conclusión.

Nota: El índice de refracción se define como:  $n = v/c$ , donde  $v$  es la velocidad de la luz en un medio determinado, y  $c = 300,000\text{km/s}$  es la velocidad de la luz en el vacío.

Tabla I. El ángulo incidente permanece fijo, a 45°

Material	Velocidad de la luz	Intensidad de la luz
Agua		
Vidrio		
Misterio A		
Misterio B		

**Actividad 4** Trabaja con la simulación llamada *Reflexión y refracción de la luz*. Siga las instrucciones indicadas a continuación, así como la lista de cotejo para elaborar su informe.

- Hacer click en “Más herramientas”.
- Arrastre el transportador y coloque su centro en el origen.
- Tome como medio 1, el material misterioso A.
- Como medio 2, tome el aire.
- Coloque el láser a un ángulo de 45°. Mueva el láser hasta encontrar el momento en que se alcanza la reflexión total interna y anótelos en la Tabla 1.
- Proceda a llenar la Tabla 1 cambiando los materiales del medio 2, como se indica.
- Mencione cómo afecta el cambio de materiales al ángulo crítico.
- Elabore una conclusión.

Tabla I. Medio 1: material misterioso A.

Medio 2	Angulo crítico	Índice de refracción
Aire		
Agua		
Misterio B		
Vidrio		

Anexo

## 2. Lista de Cotejo

Lista de Cotejo 1			
Enunciado	Cumple	No cumple	Puntaje
Muestra el procedimiento para el cálculo del ángulo refractado			5 puntos
Presenta el ángulo refractado de material Misterio A			5 puntos
Indica el nombre del Misterio A			5 puntos
Presenta el ángulo refractado de material Misterio B			5 puntos
Indica el nombre del Misterio B			5 puntos
Presenta una conclusión clara del experimento			5 puntos

## Anexo 3. Encuesta de satisfacción

Encuesta para el simulador en termodinámica					
<b>1 En mi experiencia, la secuencia de las actividades me pareció muy buena</b>	Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Neutral	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
<b>2 La calidad de los simuladores me parecen muy buena</b>	Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Neutral	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
<b>3 Con el simulador, los aspectos técnicos fueron fáciles de comprender</b>	Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Neutral	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
<b>4 Considero que mis habilidades mejoraron con estas herramientas</b>	Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Neutral	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
<b>5 El curso cubrió aspectos importantes para mi carrera</b>	Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Neutral	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
<b>6 Los simuladores proporcionan una clara idea de los fenómenos que se estudiaron</b>	Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Neutral	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
<b>7 La cantidad de actividades para trabajar en el simulador, fueron excesivas</b>	Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Neutral	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
<b>8 Las instrucciones que se otorgaron para el simulador, no fueron totalmente claras</b>	Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Neutral	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
<b>9 No pude trabajar adecuadamente con el simulador por problemas de conexión</b>	Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Neutral	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
<b>10 EL instructor, proporcionó retroalimentación de manera adecuada</b>	Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Neutral	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
<b>11 Considero que otros estudiantes deberían trabajar también con estos simuladores</b>	Totalmente de Acuerdo	De acuerdo	Neutral	Desacuerdo	Totalmente en desacuerdo