

EL DISEÑO Y USO DE UN RECURSO CON GEOGEBRA PARA EL ANÁLISIS DE LA REFRACCIÓN Y REFLEXIÓN TOTAL INTERNA

CERVANTES Angela, **RUBIO** Leonela y **MONTIEL** Germain

angela.cervantes@aprenderenred.com.ve; leonela.rubio@aprenderenred.com.ve;
germainmontiel1@hotmail.com

Grupo TEM: Tecnologías en la Educación Matemática, Maracaibo, Edo. Zulia.

Centro de Estudios Matemáticos y Físicos (**CEMAFI**)-**LUZ**, Maracaibo, Edo. Zulia.

RESUMEN

En ocasiones, debido a la falta de tiempo, instrumentos, espacios físicos y otros insumos en la escuela media, el normal desarrollo de las clases de laboratorio de Física se ve seriamente afectado. El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) resulta una alternativa valiosa para suplir esta falta, dado que por medio de softwares educativos, como el GeoGebra, se pueden simular fenómenos físicos, tales como la Refracción y la Reflexión total interna de la luz, los cuales podrían observarse en las prácticas de laboratorio. Sin embargo, para que esto sea posible es necesario hacer una integración eficiente de tecnologías en las prácticas pedagógicas, lo que supone que los profesores comprendan los contenidos a enseñar y conozcan las posibilidades didácticas que le brinda el programa a utilizar. No obstante, los docentes en la actualidad no reciben la formación pedagógica y tecnológica necesaria para lograr este fin. Es por ello que este trabajo tiene por objetivo presentar una secuencia para el análisis de algunos aspectos de los fenómenos de Refracción y Reflexión total interna de la luz, utilizando un recurso elaborado con GeoGebra, lo que le proporciona al profesorado la oportunidad de conocer algunas bondades de este software, con el propósito de guiarles en el proceso de integración de las TIC's en el estudio de estos fenómenos propios de la Física. Y trabajar con secuencias didácticas donde se estudien primeramente los fenómenos desde una perspectiva física, para concluir con la formulación matemática en lugar de iniciar con demostraciones abstractas y terminar con la experimentación, que es lo habitual.

Palabras Clave: Secuencia, GeoGebra, Refracción de la luz y Reflexión total interna de la luz.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Física comprende tanto la realización de clases teóricas, en las que se exponen los conceptos y leyes fundamentales, como de laboratorio, en donde se comprueban estas leyes a través de la experimentación. Estas clases prácticas juegan un papel importante al momento de motivar a los estudiantes y confrontar sus ideas, pero su desarrollo exitoso exige a éstos vencer el temor hacia la obtención de resultados no esperados, tener confianza en el conocimiento propio, ser planificados y contar con los instrumentos, materiales y el tiempo necesario, entre otros aspectos (García y Sánchez, 2009). La falta de estas condiciones ocasiona que muchas veces las clases de laboratorio no se lleven a cabo.

Sin embargo, hoy día existen alternativas que pueden garantizar el desarrollo de las clases de laboratorio, incluso cuando no se cuenta con las condiciones mínimas para impartirlas. Entre las opciones, se encuentra el uso de programas informáticos educativos que hacen posible la simulación de fenómenos físicos de interés para el nivel medio, brindando así a los estudiantes una experiencia similar a la que tendrían si estuvieran realizando el experimento con materiales concretos. A través de estos medios digitales es posible fomentar el interés por el estudio de la temática y la discusión de ideas y conjeturas alusivas al fenómeno observado. Entre estos programas se encuentra el GeoGebra, cuyas herramientas no sólo permiten estudiar las Matemáticas (para lo cual fue diseñado originalmente), sino también representar dinámicamente diversos fenómenos físicos (Hernández, 2011).

La acción de incorporar el GeoGebra en la enseñanza de la Física representa una valiosa oportunidad para utilizar adecuadamente los recursos tecnológicos dispuestos en algunos espacios dentro de las escuelas de nuestro sistema educativo, como son los Centros Bolivarianos de Informática y Telemática (CBIT) que fueron creados para promover el desarrollo de actividades formativas en entornos mediados por tecnologías y la elaboración de recursos didácticos apoyados en su uso (Planas, 2005). Sin embargo, en muchos casos se observa una falta de habilidad para la integración eficientemente de las tecnologías por parte de los profesores que utilizan los CBIT's, puesto que no siempre reciben la formación pedagógica-tecnológica necesaria para tal fin (Rivero y Ramírez, 2011).

En atención a lo anterior, este trabajo tiene por objetivo describir una secuencia para analizar las relaciones de medida existentes entre los ángulos de incidencia, refracción y reflexión total interna formados por un rayo de luz, al variar los índices de refracción correspondientes a los medios involucrados, utilizando el GeoGebra como simulador de éstos fenómenos. Con esto se quiere ofrecer opciones a los profesores de Física para desarrollar actividades prácticas de este contenido con TIC's, lo que coloca a los docentes en mejores condiciones para integrar estas herramientas en sus prácticas pedagógicas.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Antes de iniciar la descripción de la secuencia conviene precisar algunas ideas teóricas para favorecer la comprensión de la misma. En primer lugar, debe señalarse que el objeto de estudio de esta propuesta está enmarcado en la Óptica, la cual es una rama de la Física que analiza las propiedades y fenómenos asociados a la luz, como es el caso de la refracción. Ésta ocurre cuando se desvía la trayectoria rectilínea de un rayo de luz al pasar de un medio transparente a otro, lo que ocasiona un cambio en la rapidez del rayo, dado que esta magnitud depende del medio de propagación. Vale destacar que la rapidez de la luz en el vacío es mayor que en cualquier otro medio de propagación. A partir de esto, es posible establecer una medida de la reducción de la rapidez de la luz ocasionada por un medio de propagación, a la cual se le denomina "índice de refracción" (n) y viene dado por la razón $\frac{c}{v}$, donde c y v representan la rapidez de la luz en el vacío y en el medio respectivamente (Felipe y Albarrán, 1998).

Dado que los índices de refracción son valores conocidos, propios de cada material y dependen de la longitud de onda de la luz incidente, en esta propuesta se simulará un rayo de luz con una longitud de onda de 589 Nm, correspondiente a la luz amarilla, la cual es de uso común en los textos escolares. Tomando en cuenta los índices de refracción de los medios involucrados en el fenómeno y los ángulos que forman el rayo incidente y el refractado con la normal (recta perpendicular a la superficie sobre la que incide el rayo), puede establecerse una fórmula que los relacione, la cual se conoce como Ley de Snell y tiene la forma $n_1 \cdot \text{sen } \theta_i = n_2 \cdot \text{sen } \theta_r$, siendo n_1 y n_2 los índices de refracción

de los medios 1 y 2 respectivamente, θ_i el ángulo de incidencia del rayo luminoso y θ_r el ángulo refractado (Serway y Beichner, 2002). Dependiendo del par de medios que atraviese la luz, ésta puede refractarse o no. En este último caso ocurre el fenómeno de la reflexión total interna, la cual se analizará más adelante.

En segundo lugar, se considera que mediante el uso del GeoGebra pueden simularse algunos fenómenos físicos, incluyendo los casos de la refracción y reflexión total interna, dado que en ellos subyacen ciertas relaciones matemáticas (fórmulas) que rigen su comportamiento. A partir de estas relaciones es posible elaborar un procedimiento de construcción consistente que sirva de base para la simulación de los fenómenos en el programa. Aunado a esto, se asume que, dependiendo de la relación de medida que exista entre los índices de refracción, pueden visualizarse fenómenos distintos al variar el ángulo de incidencia, por lo cual se ha decidido estructurar la secuencia en dos momentos: (i) Cuando $n_1 < n_2$, y (ii) cuando $n_1 > n_2$.

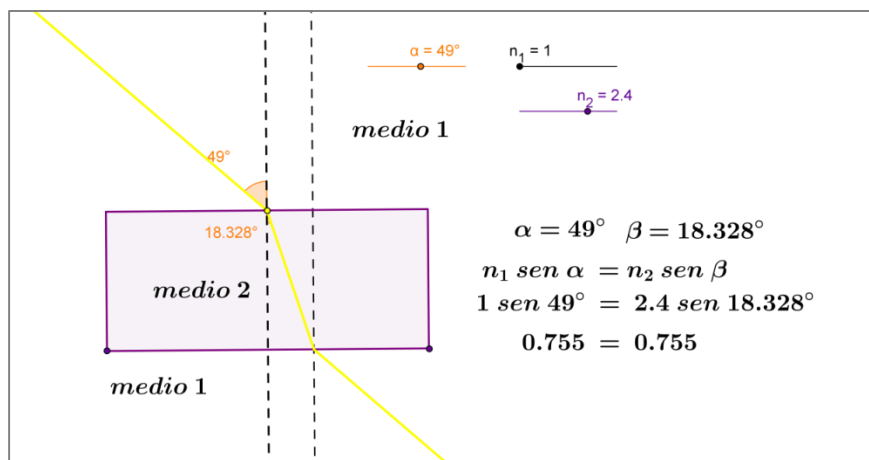
Para simular los fenómenos antes mencionados, basta con representar los dos medios de propagación de la luz a través de la herramienta Polígono; crear tres deslizadores asociados al ángulo de incidencia del rayo y a los índices de refracción de ambos medios y construir el ángulo de incidencia, de refracción y de reflexión total interna para visualizar lo que ocurre con los mismos en cada uno de los momentos antes mencionados. Es importante destacar que la variación de los valores en los deslizadores asociados a los índices de refracción, equivale en Física a cambiar las sustancias a través de las cuales es transmitido el rayo de luz. De igual forma, la variación del deslizador vinculado al ángulo de incidencia equivale a girar el disco de Hartl, utilizado frecuentemente en los experimentos de refracción de la luz y sobre el que se coloca el medio 2 (un semicilindro de vidrio, generalmente).

DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, a continuación se describe la secuencia:

PRIMER MOMENTO: CUANDO $n_1 < n_2$

El primer momento se centra en el análisis del fenómeno de la Refracción. Para poder visualizar con GeoGebra cómo se comporta el rayo de luz refractado cuando el índice de refracción del medio 1 es menor que el índice de refracción del medio 2, es necesario realizar ajustes a los deslizadores asociados al índice de refracción de cada medio simulado. Por ejemplo, si se toma como medio 1 el aire y medio 2 el diamante, basta con asignar al deslizador n_1 el índice de refracción del aire ($n_1 = 1$) y para n_2 el del diamante ($n_2 = 2,4$). Luego de activar la opción “Animación Automática” al deslizador asociado al ángulo de incidencia del rayo luminoso, puede observarse que (i) para cualquier ángulo de incidencia habrá siempre un rayo de luz refractado y (ii) el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo refractado (ver Figura 1).



*Figura 1: El Fenómeno de la Refracción.
 Fuente: Cervantes, A., Rubio, L. y Montiel, G. (2013)*

Una de las ventajas que ofrece GeoGebra en el estudio de este fenómeno es la posibilidad de poder cambiar fácilmente los medios de propagación considerados para visualizar las condiciones bajo las cuales se da la refracción. Por ejemplo, para simular como medio 1 el agua y medio 2 el vidrio corriente, sólo deben ajustarse los deslizadores asociados a los índices de refracción de los respectivos medios ($n_1 = 1,3$ y $n_2 = 1,5$); al variar el ángulo de incidencia se visualiza que las conclusiones obtenidas anteriormente se mantienen.

SEGUNDO MOMENTO: CUANDO $n_1 > n_2$

En este caso la atención es puesta sobre un análisis desde la Refracción a la Reflexión Total Interna. Para ello es necesario ajustar los deslizadores correspondientes a n_1 y n_2 según los valores de los medios de propagación. Por ejemplo, si se toma como medio 1 la glicerina ($n_1 = 1,4$) y medio 2 el agua ($n_2 = 1,3$), al activar la opción “Animación Automática” al deslizador asociado al ángulo de incidencia del rayo de luz es posible visualizar que (i) no para todo ángulo de incidencia habrá siempre un rayo de luz refractado y (ii) de existir refracción, el ángulo de incidencia será menor que el ángulo refractado, (ver Figura 2a). Estas conclusiones se cumplen para cada par de medios que tengan las características del segundo momento, cuestión verificable con el recurso.

Como se dijo anteriormente, fue posible visualizar en el recurso que, cuando $n_1 > n_2$, existe un intervalo de ángulos incidentes para los cuales la luz no se refracta. Al menor de ellos se le llama “ángulo crítico” o límite. Mediante el uso del GeoGebra es posible aproximarse al valor de este ángulo con sólo modificar convenientemente el incremento del deslizador asociado al ángulo de incidencia (ver Figura 2b), lo que hace del programa un medio de verificación del resultado obtenido por la aplicación de la fórmula $\theta_i = \arcsen\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$, la cual se deriva de despejar θ_i de la expresión $n_1 \cdot \text{sen } \theta_i = n_2 \cdot \text{sen } \theta_r$, siendo θ_r igual a 90° . Esto último debido a que cuando θ_r toma dicho valor el rayo de luz transmitido se ubica a lo largo de la frontera entre los dos medios, por tanto la amplitud del ángulo de incidencia correspondiente a θ_i es también la amplitud del ángulo crítico o límite. Vale la pena destacar que este ángulo es distinto para cada par de medios.

La existencia del ángulo límite sugiere la presencia de otro fenómeno físico denominado “reflexión total interna”, el cual debe su nombre al hecho de que la totalidad de la luz incidente es reflejada en el interior del medio con mayor índice de refracción. La reflexión total interna obedece a las mismas leyes que rigen al fenómeno de reflexión de la luz, por lo tanto el ángulo que forma el rayo de luz reflejado con la normal es congruente con el ángulo de incidencia. Esto puede observarse a través de la variación del deslizador asociado a dicho ángulo (ver Figura 2c).

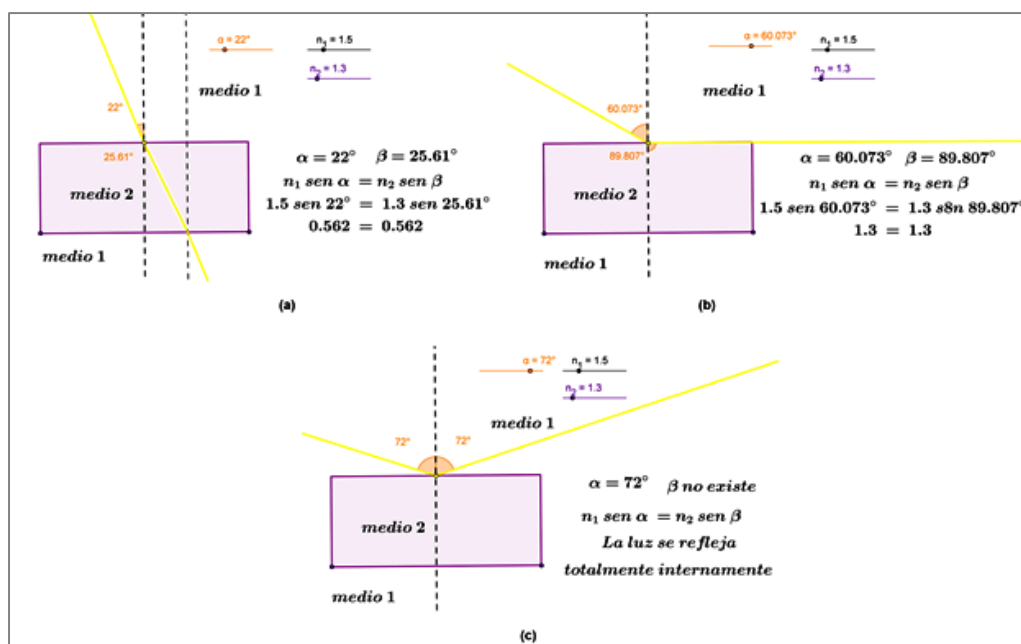


Figura 2: De la Refracción a la Reflexión Total Interna.
 Fuente: Cervantes, A., Rubio, L. y Montiel, G. (2013)

CONCLUSIONES

Se considera que la secuencia aquí descrita permite analizar los fenómenos de refracción y reflexión total interna mediante el uso del GeoGebra, dado que éste sirve como simulador de fenómenos físicos. La puesta en práctica de la secuencia brinda a los profesores de Física la oportunidad de hacer posible la integración eficiente de las tecnologías en su labor docente, aprovechando de esta manera los recursos informáticos disponibles en los planteles de Educación Media del país, los cuales en muchas ocasiones son subutilizados, motivo por el cual no se logra la integración deseada (Carrillo de Albornoz, 2012).

La integración eficiente de las tecnologías le permite al profesor abordar de una forma distinta los contenidos físicos, sustituyendo la secuencia didáctica habitual, que por lo general inicia con demostraciones matemáticas y termina en consecuencias físicas, por otra en la que se estudien primeramente los fenómenos desde una perspectiva física para concluir con la formulación matemática (García y Gil, 2006).

Por otra parte, esta secuencia ofrece a los docentes una alternativa para hacer las actividades prácticas propias de este tema, aun cuando no se cuente con el tiempo

necesario o un laboratorio equipado para llevarlas a cabo (Gil, 1997). Con el uso del GeoGebra como un simulador físico es posible lograr que los estudiantes doten de sentido los conceptos y principios que subyacen en el estudio de la Refracción y Reflexión total interna (García y Gil, 2006). También, a través del programa se pueden verificar las leyes físicas que rigen a estos fenómenos, como es el caso de la Ley de Snell, comparando los resultados obtenidos analíticamente con los visualizados en la interfaz del software. Otra de las ventajas que ofrece GeoGebra como simulador es la precisión, ya que reduce la cantidad de variables que generan errores experimentales en el desarrollo de las actividades de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Carrillo de Albornoz, A. (2012). El Dinamismo de GeoGebra. *Unión Revista Iberoamericana de Educación Matemática*. 29 (1), pp. 9-22.

Felipe, A. y Albarrán, C. (1998). *Manual de Óptica Geométrica*. Valencia, España. Universidad de Valencia.

García, A.y Gil, M. (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 5 (2), pp. 304-322.

García, R. y Sánchez, D. (2009). La enseñanza de los conceptos físicos en secundaria: Diseño de secuencias didácticas que incorporan diversos tipos de actividades. *Latin American Journal of Physics Education*. 3 (1), pp.62-67.

Gil, S. (1997). Nuevas tecnologías en la enseñanza de la física. Oportunidades y desafíos. *Educación en Ciencias*. 1 (2), pp.34-43

Hernández, J. (24 de mayo de 2011). *Herramientas GeoGebra para Física*. Consultado el día 17 de junio de 2013 en: http://www.geogebra.org/en/wiki/index.php/Herramientas_GeoGebra_para_Fisica.

Planas, A. (2005). Los CBIT aliados de la Educación Integral y el Desarrollo Endógeno. *Infobit*. 2 (7), pp. 12-14

Rivero, Y. y Ramírez, F. (2011). Las TIC en Venezuela: Un diagnóstico en el uso didáctico de las tecnologías. *1eras Jornadas Internacionales de Educación a distancia*.

Serway, R. y Beichner, R. (2002). *Física para ciencias e ingeniería*. 5ta Edición. Tomo II. México D. F., México. Editorial McGraw-Hill.