

# Uso de simuladores Phet, para la enseñanza del comportamiento de gases ideales



**Manuel Sandoval Martínez<sup>1</sup>, Janette Moreno Sandoval<sup>2</sup>, César Mora<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Politécnica del Golfo de México, Carr. Fed. MalPaso el Bellote KM171, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco. Carr. Vec. Comalcalco-Paraíso, Km. 3 R/a Occidente 3ra Secc.

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional. Av. Legaria No. 694, Col. Irrigación, Miguel Hidalgo, C. P. 11500 CDMx México.

**E-mail:** manuel.sandoval@updelgolfo.mx

(Recibido el 12 de diciembre de 2020, aceptado el 15 de febrero de 2021)

## Abstract

We show the results obtained by using a teaching strategy for thermodynamics, focused on comprehension of ideal gas equation, following a didactic based on students centered and Phet simulations by Colorado University. We work with sophomore university students during four weeks. They worked in teams (4 students) and the instructor delivery one activity per week in order to manage the simulator Phet, and then they have to make a report about simulator observations. At the end of instruction and grade student's report, we found 80% of participants could identify and understand in a clear way ideal gas behavior at different changes of pressure, volume and temperature. Moreover, they could identify ideal gas equations hidden, i.e., Avogadro's law, Boyle's law and Gay-Lussac's law. Finally, a satisfaction survey was applied (Likert) and the results indicates that Phet simulation was helpfully for them in order to understand ideal gases behavior and, they could observe clearly interaction among molecules, and they also indicated that they did not have many internet connection problems. In fact, they consider Phet simulations is a great tool for learning process.

**Keywords:** Thermodynamics teaching, simulators, virtual class, ideal gas equation, didactic sequences.

## Resumen

Se presentan los resultados de utilizar una estrategia de enseñanza para la termodinámica, en particular la comprensión de la ecuación del gas ideal, utilizando una secuencia didáctica centrada en el estudiante y, empleando simuladores Phet de la universidad de Colorado. Se trabajó con estudiantes universitarios de tercer cuatrimestre (primer año), durante cuatro semanas. Se formaron equipos de cuatro estudiantes y se les otorgaba cada semana una actividad a realizar manejando el simulador, y posteriormente deberían enviar un reporte de lo analizado en dicho simulador. Después de la finalización de la instrucción y, evaluar los reportes enviados se encontró que más del 80% de los participantes pudieron identificar y comprender de una manera sencilla el comportamiento de gases ideales cuando están sometidos a cambios de presión, volumen o temperatura. De igual manera, pudieron identificar las leyes subyacentes en la ecuación del gas ideal, es decir la ley de Boyle, la ley de Gay-Lussac y la ley de Avogadro. Al aplicar una encuesta de satisfacción, los estudiantes mencionan que el uso de los simuladores fue de gran ayuda para comprender el comportamiento de los gases y les permitió observar cómo interaccionan internamente las moléculas. Indicaron también que no tuvieron muchos problemas de conexión a internet, y calificaron al simular de ser una muy buena herramienta de aprendizaje.

**Palabras clave:** Enseñanza de la termodinámica, simuladores, clases virtuales, ecuación del gas ideal, secuencia didáctica.

## I. INTRODUCCIÓN

Diversos temas de física son complicados de comprender por parte de los estudiantes universitarios. Sin embargo, en la actualidad existen diversas herramientas que ayudan a los profesores a mejorar sus clases y hacerlas más dinámicas e interesante para sus estudiantes. En la Universidad Politécnica del Golfo de México, en la carrera de Ingeniería Petrolera, los estudiantes deben inscribirse a la asignatura

Termodinámica en tercer cuatrimestre, en la cual se incluyen temas relacionados con el análisis del comportamiento de los gases a través de la ecuación del gas ideal, pero también analizando el factor de corrección  $Z$  y las tablas de compresibilidad generalizadas, además de estudiar los ciclos termodinámicos. Esta asignatura se considera como fundamental en esta carrera ya que es la base para la comprensión del comportamiento de los yacimientos petroleros. Esto nos indica, que se requiere una

metodología de enseñanza que facilite a los estudiantes la comprensión de estos fenómenos termodinámicos. Algunos investigadores como Lewis, *et al.* (1993) encontraron que la mayoría de los estudiantes no están preparados para integrar los conceptos termodinámicos en contextos complejos. Kulkarni y Tambade (2013) apuntan que los estudiantes tienen serias dificultades para la aplicación de un diagrama PVT, en la solución de ciertos ejercicios. De igual manera, Christensen (2009) ha encontrado que no pueden interpretar adecuadamente la ecuación del gas ideal, ecuación fundamental para comprender el comportamiento de sustancias puras. Hasani y Mat (2005) encontraron que aún después de la instrucción, los estudiantes continúan con errores conceptuales en conceptos básicos de termodinámica. Acorde a Chaturvedi (2007), el aprendizaje de los estudiantes a través de la enseñanza tradicional no es efectiva para los retos del siglo XXI. Los estudios de Liu (2009) indican que algunos estudiantes no pueden construir una imagen apropiada de un problema o bien no saben cómo iniciarla, además de diversas dificultades para la solución de algunos ejercicios. Cabe señalar que, los diagramas PVT y la ecuación del gas ideal, son sumamente importantes para el uso del factor Z.

Por otro lado, los estudios de Khonle *et al.* (2012) y, Dega *et al.* (2013) señalan que la integración de animaciones por computadora ayuda a los estudiantes a mejorar su comprensión en diversos temas de física, en especial para termodinámica. Liu (2006) establece que el uso de materiales multimedia hace que sea más fácil de comprender conceptos abstractos como la ley de gas ideal. Junglas (2006) sugiere que los usos de simulaciones interactivas pueden ayudar a los estudiantes a mejorar sus modelos mentales, relacionados con este tema. Hakim *et al.* (2017) indica que para impulsar un aprendizaje significativo en conceptos de termodinámica el uso de simuladores, videos, audios, diagramas, gráficas, animaciones y materiales interactivos juegan un papel vital para ayudar a visualizar y simplificar conceptos abstractos que los estudiantes no pueden comprender. De acuerdo a Moron-García (2002), el uso de la internet basada en tecnologías puede facilitar la creación de un ambiente de aprendizaje centrado en el estudiante, lo que podría producir en los estudiantes habilidades de pensamiento crítico y cognitivo que, en la educación universitaria, son necesarias desarrollar (Jonasen *et al.*, 1993). Uno de los métodos que han proporcionado buenos resultados en la enseñanza de la termodinámica es el de Anderson (2005), en cuya propuesta se incluyen materiales interactivos, retroalimentación inmediata, modelación de gráficas, simulaciones reales, simulaciones experimentales y coaching directo con los estudiantes.

Cox (2003), ha utilizado simulaciones interactivas y en el material se incluyen simulaciones sencillas que le permiten al estudiante enfocarse en los conceptos deseados. Estos materiales le ayudan a visualizar la dinámica de la partícula en un gas ideal, ciclos termodinámicos y los apoya en el desarrollo de un marco conceptual para la solución de problemas. Sinensis (2019), señala que para comprender el proceso de una máquina térmica no es suficiente con

analizar una secuencia de figuras, se requiere el uso de un simulador en el que se mueva el pistón para poder observar cómo el calor puede generar trabajo, de esta manera el mismo fenómeno físico puede ser representado con palabras, con ecuaciones, gráficas, tablas de datos y diagramas. Ngo y Lai (2003), elaboraron diversos módulos para enseñar temas específicos de termodinámica. Tales módulos contienen notas completas del tema, interacciones con simuladores, animaciones, ejemplos y talleres para el uso de las tablas termodinámicas. Huang y Gramoll (2004), desarrollaron un ebook interactivo multimedia para motivar el aprendizaje de los estudiantes en el caso de conceptos básicos de termodinámica. En ese libro se incluyen videos, ejemplos y un simulador interactivo.

En este sentido, y por lo antes mencionado se puede señalar que la enseñanza tradicional no es suficiente para tener una buena enseñanza-aprendizaje de los fenómenos termodinámicos y que, la mejor manera de superar estos obstáculos, es incluir simuladores en las secuencias didácticas, que permitan un aprendizaje significativo. En la actualidad, las afectaciones por la pandemia derivada del Sar-Covs-2, nos hace mantener clases a distancia y como consecuencia no se pueden realizar actividades en un laboratorio, esto nos obliga a trabajar con simuladores en línea que permitan analizar temas termodinámicos como si estuvieran en un laboratorio real.

## II. METODOLOGIA

### A1. Descripción del método utilizado

Se trabajó con un grupo de estudiantes de tercer cuatrimestre (primer año) de la carrera ingeniería petrolera de la Universidad Politécnica del Golfo de México en el periodo Mayo-agosto de 2020. Se aplicó una metodología basada en el uso de simuladores Phet (de la universidad de Colorado) en línea, para lo cual se elaboraron cuatro actividades (ver Anexos) en las cuales se otorgaban las instrucciones necesarias para trabajar con el simulador y, pudieran identificar las variables involucradas en cada caso.

Debido a las restricciones que se tienen en la actualidad debido a la pandemia, el trabajo se realizó de manera virtual y como consecuencia los estudiantes trabajaron de manera individual. Sin embargo, ellos podían apoyarse (a distancia) con otros compañeros para el análisis de las actividades. El periodo de trabajo para dichas actividades fue de 4 semanas, aplicando una actividad por semana. Después de analizar el simulador, tenían el deber de enviar un reporte del análisis realizada en cada actividad siguiendo una lista de cotejo. Cada actividad está especialmente diseñada para que, con el mismo simulador, pudieran deducir las leyes que permitieron la deducción de la ecuación del gas ideal: Ley de Avogadro, ley de Boyle, ley de Gay-Lussac. Los estudiantes tenían cinco días para trabajar con el simulador y elaborar su reporte. Al finalizar la unidad de aprendizaje, se aplicó una encuesta de satisfacción sobre el tema estudiado, al cual se le aplicó un análisis estadístico descriptivo tipo Likert. También se realizó un análisis de

los reportes enviados utilizando las listas de cotejo diseñadas para tal caso. Al finalizar cada actividad, se realizó retroalimentación grupal en las clases virtuales comentando los puntos importantes del análisis de la actividad en cuestión.

### III. ANALISIS DE RESULTADOS

#### B1. Actividad 1. Partículas ligeras vs presión

El objetivo de esta actividad es identificar que, a mayor número de moléculas, mayor será la presión en el recipiente (con el volumen constante). En este caso, el 50% de los estudiantes realizaron exitosamente la actividad, describiendo satisfactoriamente que existe una relación directamente proporcional entre el número de moléculas con la presión en el recipiente (Ver Figura 1). Si bien, el porcentaje de estudiantes que lograron realizar adecuadamente el análisis se debe a que la mayoría de ellos no había trabajado con anterioridad de manera virtual y, asumimos que les llevó tiempo comprender la lista de cotejo para la realización de su reporte. Al finalizar esta actividad, se realizó una retroalimentación en clases virtual.

#### B2. Actividad 2. Partículas pesadas vs presión

Después de analizar el comportamiento de las partículas ligeras con la presión, se procedió a buscar el efecto que tendrían las partículas pesadas con la presión. En esta ocasión, el 70% de la población realizó el análisis solicitado adecuadamente. Los estudiantes pudieron deducir que al introducir particular pesadas en el recipiente el efecto sobre la presión es exactamente el mismo que con las partículas ligeras, es decir la presión se comporta exactamente igual sin importar el tipo de partícula (Ver Figura 2). Este análisis les permite comprender que, sin importar el tipo de sustancia, la presión ejercida sobre el recipiente será la misma siempre y cuando el número de moléculas sea el mismo (Ley de Avogadro). En este caso, mejoraron en términos generales el análisis del comportamiento del gas.

#### B3. Actividad 3. Temperatura vs presión

Para esta sección se busca que los estudiantes puedan comprender el comportamiento de la presión con la variación de la temperatura del contenedor (en esta ocasión se trabajó con partículas ligeras manteniendo constante la cantidad de ellas). El 85% de los estudiantes pudieron realizar la actividad de manera adecuada y encontraron sin dificultad la relación entre la variación de la presión con la temperatura en el recipiente (a volumen constante). Al elaborar la gráfica de la tabla de datos que obtuvieron,

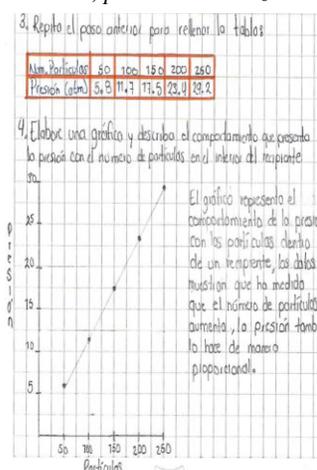


FIGURA 1. Gráfica P. Ligeras vs presión

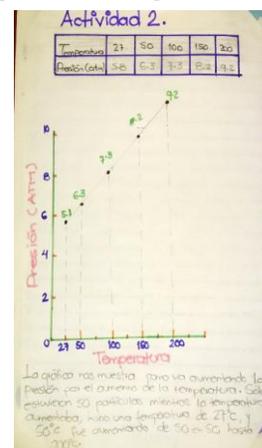


FIGURA 2. Gráfica P. Pesadas vs presión

encontraron que la presión es directamente proporcional a la temperatura, apareciendo una recta. De esta manera, pudieron comprender el significado de la ley de Gay-Lussac, la cual establece que la presión de un gas (a volumen constante) es directamente proporcional a su temperatura ( $P \propto T$ ). En la Figura 1.3 se muestra la tabla de datos y la gráfica de los mismo, así como una pequeña descripción de lo encontrado.

#### B4. Actividad 4. Volumen vs presión

Para esta última actividad, los estudiantes analizaron el comportamiento de la presión del gas cuando se varía el volumen (a temperatura constante). En este caso, el 85% de la población realizó el análisis solicitado de manera satisfactoria. Ellos pudieron determinar que, en esta situación, la relación entre el volumen y presión es inversamente proporcional entre ellas (Figura 1.4) ya que observaron que al aumentar el volumen (con la misma cantidad de partículas) la presión se hacía más pequeña.

Permitiendo comprender la ley de Boyle, la cual establece que la presión en un recipiente (a temperatura constante) es inversamente proporcional al volumen de su contenedor. Cabe señalar que, el reconocer una relación que sea inversamente proporcional no están directo ya que, algunos estudiantes piensan que una línea recta con pendiente negativa indica que es inversamente proporcional, por lo que hay que señalar las diferencias entre una y otra en la retroalimentación.

Obsérvese que, el equipo 1, en su descripción de la actividad Temperatura vs Presión, indica: “podemos observar que a medida que va aumentando la temperatura, la presión se va elevando linealmente” (Figura 1.3). Por otro lado, el equipo 2 señala, en la actividad volumen vs presión: “se comienza con un ancho de 5nm y va aumentando en 2.5 hasta llegar a 15nm. Lo que pude observar es que a medida que va aumentando el ancho del

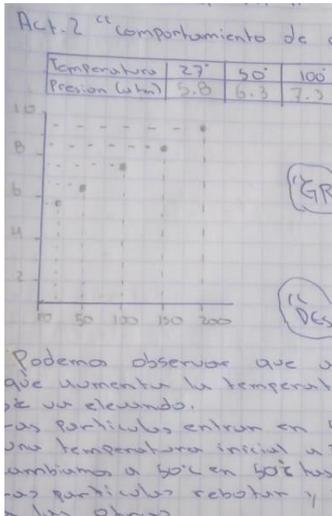


FIGURA 3. Relación temperatura-presión.

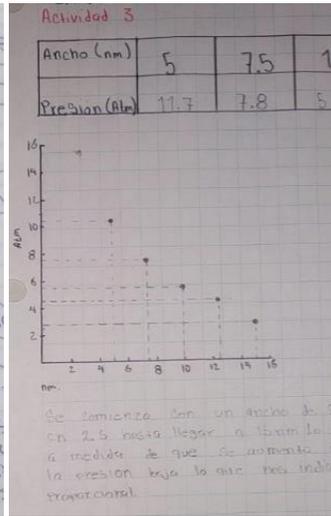


FIGURA 4. Relación volumen-presión.

contenedor la presión baja, lo que nos indica que son inversamente proporcionales” (Figura 1.4).

De esta manera, y unificando estas cuatro actividades es más fácil para el profesor deducir la ecuación del gas ideal y, de esta manera los estudiantes pueden comprender mejor su funcionalidad:

$$Pv = RT$$

Ley	Expresión matemática
Boyle	$P\alpha \frac{1}{v}$
Ley de Gay-Lussac	$P\alpha T$

En otras palabras, más del 80% de los estudiantes desarrollaron satisfactoriamente el análisis del gas ideal en diversas condiciones de presión y temperatura. Lo que facilitó la deducción de la ecuación del gas ideal a través de las actividades realizadas en el simulador. Cabe señalar que no se trata de utilizar un simulador de manera irracional, es necesario desarrollar las actividades adecuadas que le permitan al estudiante alcanzar el conocimiento requerido para cada sección. Las actividades deben ser claras y de fácil comprensión y, sobre todo que tengan un propósito claro que permita un desarrollo cognitivo de manera escalonada.

**B5. Encuesta de satisfacción**

En la Tabla 1, se muestran los resultados que se obtuvieron al aplicar la encuesta de satisfacción (tipo Likert) relacionada con la aplicación del simulador dentro del curso de termodinámica. Para simplificar el análisis, se unificaron las respuestas en tres categorías a saber: *Totalmente de acuerdo* y *de Acuerdo*; *Totalmente en desacuerdo* y *en desacuerdo*; y finalmente *Neutral*. Se puede observar que en términos generales hay una gran aceptación de la

metodología empleada en el curso. Más del 90% consideran que la secuencia didáctica y la calidad de los simuladores es muy buena. También, el 96% de la población señala que los simuladores son muy claros para comprender el fenómeno a investigar; la misma cantidad señala que podría recomendar a otros estudiantes utilizar tales simuladores. Dentro de este grupo de estudio, se encontró que solo el 35% tuvo problemas de conexión para trabajar con el simulador (ya que se encuentran en línea), no obstante, el resto señala que no tuvieron dificultades. Un 84% considera que mejoraron sus habilidades de análisis y ordenamiento de datos.

Estos resultados no indican que el trabajar con simuladores, y con las instrucciones adecuadas, los estudiantes se sienten cómodos al trabajar de esta manera además de considerar que comprendieron mejor el comportamiento de los gases y, a partir de ahí identificar sin problemas las leyes correspondientes a esos cambios.

TABLA I. Concentrado de la encuesta de satisfacción.

Enunciado	Totalmente en acuerdo	Totalmente en desacuerdo	Neutral
¿Cómo consideras la secuencia de actividades?	95%	0%	5%
¿Cómo consideras la calidad de los simuladores?	92%	0%	8%
¿Mejoraron mis habilidades de análisis de datos?	84%	0%	16%
¿El curso cubrió aspectos importantes en mi carrera?	92%	0%	8%
¿Los simuladores proporcionaron una clara idea del fenómeno que se estudiaba?	96%	0%	4%
¿Tuviste problemas de conexión para trabajar con Phet?	35%	17%	48%
¿El instructor proporcionó retroalimentación?	95%	0%	5%
¿Recomendarías a otros estudiantes el simulador?	96%	0%	4%

Este procedimiento facilita al instructor la explicación de la ecuación de gas ideal. Un breve análisis estadístico de la encuesta de satisfacción señala que los estudiantes quedaron **muy satisfechos** con la secuencia didáctica empleada, ya que sus respuestas caen en la primera categoría: Totalmente de acuerdo-De acuerdo.

Cabe señalar que en clases presenciales, esta metodología se podría aplicar completamente en dos semanas, ya que el número de horas frente al grupo es mayor.

## V. CONCLUSIÓN

La comprensión de algunos conceptos termodinámicos tiende a ser complicado para los estudiantes. En particular la ecuación del gas ideal tiende a causarle confusiones porque se incluyen tres variables en ella. Para esta investigación se diseñó una secuencia didáctica basada en el uso de simuladores (Phet) para mejorar la comprensión del comportamiento de los gases cuando se someten a diversas condiciones de presión, temperatura o volumen. La secuencia de actividades permite que los estudiantes analicen con detalle cómo se comportan los gases cuando varía la presión con la temperatura (a volumen constante), y cómo cambia la presión con el volumen (a temperatura constante). El 80% de la población pudo realizar el análisis adecuadamente del comportamiento de la presión con la temperatura, y el 85% pudo analizar satisfactoriamente el comportamiento de la presión con el cambio del volumen.

Además, pudieron identificar que la presión en un recipiente fijo, tiene el mismo comportamiento sin importar el tipo de partícula que se encuentre dentro de él, ya sean partículas ligeras o pesadas provocan el mismo efecto. La encuesta de satisfacción indica que los estudiantes consideran que la secuencia didáctica empleada fue adecuada para ellos, evalúan muy bien el diseño de los simuladores y que les permitió observar con claridad el comportamiento del gas con los cambios solicitados en cada variable. Señalan también que la retroalimentación proporcionada por el instructor fue muy buena y sirvió para aclarar las dudas que se tenían sobre todo en el reporte a entregar. También consideran que otros estudiantes deberían trabajar con estos simuladores y esta propuesta metodológica para mejorar su comprensión en la ecuación del gas ideal.

Como consecuencia, el uso de los simuladores (Phet) y las instrucciones adecuadas los estudiantes podrán mejorar su comprensión del comportamiento de los gases cuando cambia alguna de sus variables y les permite comprender mejor la ecuación del gas ideal.

## REFERENCIAS

[1] Lewis, E. Stern, J. Linn, M., *The effect of computer simulation on introductory thermodynamic understanding*, Education Technology Journals **33**, 45-58 (1993).  
 [2] Kulkarni, V. Tambade, P., *Enhancing the learning of thermodynamic using computer assisted instructions at undergraduate level*, *Eurasian Journals of Physics & Chemistry education* **5**, 2-10 (2013).  
 [3] Christensen, W. Meltzer, D. Ogilvie, C., *Students' ideas regarding entropy and the second law of thermodynamic in an introductory physic course*, American Journals of Physics **77**, 907-917 (2009).

[4] Hasan, O. Mat, R., *A comparative study of two different approaches in teaching thermodynamics*, Regional Conference on Engineering Education, Johor (2005).  
 [5] Chatuverdi, S. Abdel-Salam, T. Kasinadhuni, O., *Virtual-Assambly. A web-based students learning tool for thermodynamics concept related to multistaging in compressors and turbine*, Int.Conference on Engineering education-ICEE, Coimbra, Portugal (2007).  
 [6] Liu, X., *Effects of combine hands on laboratory and computer modeling on students learning of gas law: a quasi-experimental study*, Journals of Science Education and Thecnology **15**, 89-100 (2006).  
 [7] Kohnle, A. Cassetary, D. Edwards, T. Ferguson, C. Guillies, A. Hooley, C. Sicclair, B., *A new multimedia resource for theaching quantum mechanic concepts*, American Journals of Physics **80**, 148-153 (2012).  
 [8] Dega, B. Kriek, J. Moguese, T., *Conceptual change in electricity and magnetism using simulation*, A comparison of cognitive perturbation and cognitive conflict, Journals of Research in Science Teaching **50**, 677-698 (2013).  
 [9] Liu, Y., *Development of instructional courseware in thermodynamics education*, Wiley Periodicals Inc. Comput Appl. Eng. Educ., (2009).  
 [10] Junglas, P., *Simulation programs for teaching thermodynamic*, Global Journals of Engineering Education **10**, 175-180 (2006).  
 [11] Hakim, A. Liliasari, A. Setiawan, C. Saptiawati, P., *Interactive multimedia thermodynamic to improve creative thinking skill of physics prospective teachers*, Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia **13**, 33-40 (2017).  
 [12] Moron-García, S., *Using virtual learning environments: lecture's conception of teaching and the move of students-centered learning*, Proceeding of the International Conference in Computer Education, (2002).  
 [13] Jonassen, D. Mates, T. Mc Aleese, R., *A manifesto for a constructivist approach to uses of thecnology in highier education: in designing enviroments for constructivist learning*. (Springer-Verlag, Berlin, 2013), pp. 231-247.  
 [14] Anderson, E. Taraban, R. Sharma, M., *Implementing and assessing computer-based active learning materials in introductory thermodynamics*, Int. J. of Engineering Education **21**, 1168-1176 (2005).  
 [15] Cox, A. Belloni, L. Dancy, M. Christian, W., *Teaching thermodynamics with Physlet in introductory physics*, Physics Education **38**, 433-440 (2003).  
 [16] Sinensis, A. Firman, H. Hamidah, I. Muslin, M., *Reconstruction of collaborative problema solving based learning in thermodynamics with the aid of interactive simulation and derivative game*, J. Phys. Conf. Series **1-7** (2019).  
 [17] Ngo, C.C, Lai, F.C., *An online thermodynamic courseware*. Computer Application in Engineeren Education **11**, 75-82 (2003).  
 [18] Huang, M. Gramoll, K., *Online interactive multimedia for engineering thermodynamic*, ASEE conferences, Salt Lake, UT (2004).

**Anexos**

**Anexo 1. Actividad 1.**

Para realizar la siguiente actividad trabajará con el simulador “Gases: Introducción”. Mantener la temperatura (27°C) y el volumen constante.

1. Activar el botón “Ancho”, “partículas” y cambie la temperatura a °C.
2. En la sección “partículas”, click en el botón que emite 50 partículas y anote la presión que se produce.
3. Repita el paso anterior para llenar la tabla que se muestra a bajo.
4. Elabore una gráfica y describa el comportamiento que presenta la presión con el número de partículas en el interior del recipiente.

Num. partículas	50	100	150	200	250
Presión (Atm)					

**Anexo 2. Actividad 2.**

Para realizar la siguiente actividad trabajará con el simulador “Gases: Introducción”. Mantener la temperatura (27°C) y el volumen constante.

1. Activar el botón “Ancho”, “partículas” y cambie la temperatura a °C.
2. En la sección “partículas”, click en el botón que emite 50 partículas, solo que ahora utilizará partículas **pesadas**, y anote la presión que se produce.
3. Repita el paso anterior para llenar la tabla que se muestra a bajo.
4. Elabore una gráfica y describa el comportamiento que presenta la presión con el número de partículas en el interior del recipiente. Compare con la Actividad 1.

Num. partículas	50	100	150	200	250
Presión (Atm)					

**Anexo 3. Actividad 3.**

Para realizar la siguiente actividad trabajará con el simulador “Gases: Introducción”. Mantener número de partículas constante (50) y el volumen constante.

1. Activar el botón “Ancho”, “partículas”, cambie la temperatura a °C.
2. En la sección “partículas”, click en el botón que emite 50 partículas y anote la presión y la temperatura que se produce.
3. Con el número de partículas constante, aumente la temperatura a 50°C y registre el valor de la presión.
4. Repita el paso anterior y aumente la temperatura para llenar la tabla de abajo.

5. Elabore una gráfica y describa el comportamiento que presenta la presión con la temperatura. ¿Cómo se relacionan estas variables?

Temperatura (°C)	25	50	100	150	200
Presión (Atm)					

**Anexo 4. Actividad 4.**

Para realizar la siguiente actividad trabajará con el simulador “Gases: Introducción”. Mantener número de partículas constante (50) y la temperatura constante.

1. Activar el botón “Ancho”, “partículas”, cambie la temperatura a °C.
2. Reduzca el ancho del recipiente a 5nm.
3. En la sección “partículas”, click en el botón que emite 50 partículas y anote la presión y la temperatura que se produce.
4. Con el número de partículas y temperatura constante, aumente el “ancho” a 10nm y registre el valor de la presión.
5. Repita el paso anterior y aumente el ancho para llenar la tabla de abajo.
6. Elabore una gráfica (no trace la línea de tendencia) y describa el comportamiento que presenta la presión con el volumen. ¿Cómo se relacionan estas variables?

Ancho(nm)	5	7.5	10	12.5	15
Presión (Atm)					

**Anexo 5. 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