

# Comprendiendo la primera ley de la termodinámica

## Área o disciplina en la que se inserta

Termodinámica aplicada para las ingenierías. La propuesta se desarrolla específicamente en la carrera de Ingeniería Industrial, sin embargo puede aplicarse en cualquier rama de las ingenierías.

## ¿Por qué y para qué esta secuencia formativa?

Una de las principales áreas de estudio que forma parte de las ciencias de la ingeniería es la termodinámica; dentro de ésta se contemplan principios teóricos fundamentales basados en la física aplicada, como lo son las tres principales leyes de la termodinámica.

Las leyes de la termodinámica son enunciados complejos de comprender por la mayoría de las personas estudiantes, es por ello que utilizar una secuencia didáctica clara, concisa y motivadora, que logre concretar esta teoría por medio de aplicaciones prácticas, hace posible una mejor apropiación de los conceptos.

Se presenta una secuencia formativa que permite comprender de manera aplicada el principio de la conservación de la energía sustentado en la primera ley de la termodinámica, fortaleciendo las competencias de capacidad analítica y expresión escrita. Además, presenta como aporte original el uso de varias metodologías activas, que crean sinergia, logrando un mejor aprendizaje en entornos virtuales.



**Paola Gamboa Hernández**

[paola.gamboa@ucr.ac.cr](mailto:paola.gamboa@ucr.ac.cr)

Licenciada en Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica y candidata a Máster en Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica.

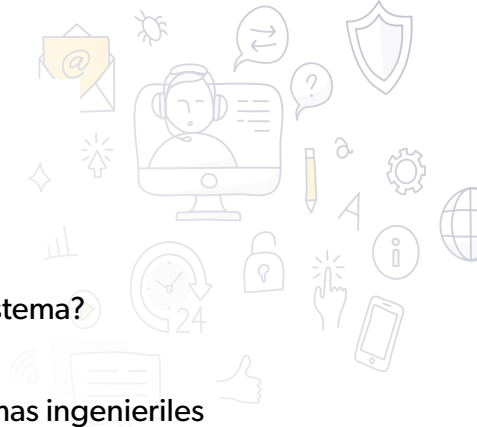
Poseo 15 años de experiencia en docencia universitaria en la carrera de Ingeniería Industrial en las áreas de creatividad, innovación, diseño de productos, emprendimiento, termodinámica y ciencias de fluidos y calor.

He dirigido más de 15 proyectos finales de graduación en emprendimiento, principalmente orientados al desarrollo de productos y servicios sostenibles.

En el año 2019 recibí reconocimiento por parte de la unidad Metics de la Vicerrectoría de Docencia de la Universidad de Costa Rica, como docente destacada en el uso de tecnologías para la docencia.



<https://youtu.be/Tr6K7VrwQ-I>



## Preguntas activadoras del aprendizaje

- ¿Cuáles son los tipos más usuales de energía que hay en un sistema?
- ¿Cuál es la primera ley de la termodinámica?
- ¿Cómo se explica la primera ley de la termodinámica en sistemas ingenieriles usuales?

## Descripción de la secuencia formativa

Para el aprendizaje de la primera ley de la termodinámica se propone una secuencia formativa que hace uso de metodologías activas mediadas por tecnología, la cual puede ser de utilidad en momentos de necesidad de aprendizaje virtual o con el fin de promover un uso de medios virtuales con el fin de apoyar el objetivo de aprendizaje.

La energía es sin duda parte indispensable en la vida de todo ser humano, como lo es en los procesos industriales e ingenieriles, más aún, la calidad de vida y su sostenibilidad dependen de la disponibilidad de ésta (Cengel, et al., 2017). La comprensión de las fuentes de energía y sus aplicaciones industriales es objeto de estudio de toda ingeniería, así como las principales leyes asociadas a ésta.

La primera ley de la termodinámica para un sistema cerrado o masa de control, de acuerdo con Sonntag, et al. (2003) se establece como la igualdad entre la integral cíclica del trabajo y la integral cíclica del calor. Esta definición es compleja; otros autores (Moran, et al., 2014; Bejan, 2016; Cengel & Boles, 2012) han hecho sus propias versiones con el interés de simplificarla. Por ejemplo, Cengel y Boles (2012, pág. 70) la definen como: "para todos los procesos adiabáticos entre dos estados determinados de un sistema cerrado, el trabajo neto realizado es el mismo sin importar la naturaleza del sistema cerrado ni los detalles del proceso." En palabras sencillas, podemos expresar este principio como la ley de la conservación de la energía, considerando que toda energía que ingresa o sale de un sistema, sea calor o trabajo, tiene un efecto sobre la energía propia del sistema, expresada en un aumento o disminución de la energía interna, la energía cinética o la energía potencial.

Para comprender y aplicar adecuadamente este principio, es necesario reconocer los diferentes tipos de trabajo que pueden estar presentes en el desarrollo de un proceso termodinámico; y así relacionarlos con la respuesta que la interacción de éstos produce en el sistema en estudio.

Al pretender el aprendizaje de estos conceptos complejos, se propone el uso de estrategias y metodologías educativas apropiadas para motivar, ejemplificar y fomentar el papel preponderante de la persona estudiante en el proceso. En ese sentido, se han seleccionado dos metodologías activas: el aprendizaje invertido y la gamificación.

El aprendizaje invertido, según el Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, (2014) es un modelo de aprendizaje centrado en la persona estudiante, en el cual los tiempos de las actividades se invierten: la instrucción directa para la apropiación de nuevos contenidos se realiza antes de llegar al aula, y durante el tiempo que la persona docente está presente se potencian las interacciones uno a uno, tal que el aprendizaje se afiance en las y los estudiantes. Este modelo se complementa con un momento posterior al tiempo en el aula, donde se busca la reflexión de los aprendizajes.

Durante los tiempos actuales que exigen la utilización de la virtualidad como medida obligatoria, la estrategia del aprendizaje invertido es una de las mejores opciones para el mejor aprovechamiento del tiempo sincrónico a través de plataformas como Zoom, Microsoft Teams, etc. Lo anterior, justificado en el hecho de varias necesidades presentes en los países de la región, como lo son: la pobre conexión de internet, el cansancio de pasar conectados todo el día a las pantallas, entre otras (Arias Ortiz, et al; 2020). Éstas son las razones por las cuales se elige esta estrategia para el planteamiento de la secuencia didáctica.

Por otro lado, existen metodologías que permiten motivar el aprendizaje haciéndolo más entretenido. Una de éstas es la gamificación. De acuerdo con el Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, (2016) se trata de la aplicación de elementos propios del juego en un ambiente de aprendizaje, con el fin de incrementar la motivación y favorecer la participación estudiantil. Se selecciona su utilización por ser una forma lúdica de reflexión y repaso de los conceptos, tal que las personas estudiantes se motiven a lograr el mejor puntaje posible en el juego.

La secuencia formativa propuesta incluye los principales momentos establecidos por la teoría (Feo, 2010): inicio, desarrollo, cierre y evaluación. Considerando que se hace uso de la estrategia de aprendizaje invertido, el inicio y el cierre se proponen como actividades asincrónicas, desarrolladas en momentos previo y posterior, respectivamente, a la sesión sincrónica.



Para la actividad previa asincrónica, se plantea el uso de recursos accesibles para las personas estudiantes, como lo es el libro de texto y un video en la plataforma YouTube, seleccionado por cumplir con los criterios mencionados por Mendoza Pescador (2017) de: autoría identificada, contenido actualizado, navegabilidad y legibilidad. Esta actividad se evalúa por medio de un juego, elaborado en una plataforma Moodle. Se trata de un crucigrama, que se puede desarrollar las veces que deseen y cada vez que ingresan es un juego nuevo, lo que les permite repasar todos los conceptos leídos y vistos.

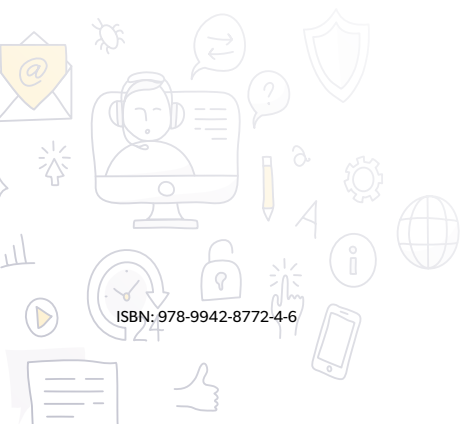
Para la actividad de desarrollo sincrónica, se propone la ejecución de dos experimentos con ayuda de simuladores virtuales. Los simuladores seleccionados son de la empresa Virtual Laboratories and Tech Simulations (<https://virt-labs.tech>), la cual posee algunas versiones de manera gratuita. La selección de éstos se realiza contemplando que se ajusten a los objetivos de la actividad, que el tiempo de duración de los experimentos sea corto (10-15 minutos) y que funcionen adecuadamente en un navegador de uso común. Inicialmente, la persona docente motiva la participación de estudiantes, mostrando los simuladores y explicando su utilización y el objetivo de éstos, así como los cálculos y análisis esperados, con base en una guía facilitada de manera previa en el entorno virtual del curso. Durante esta actividad los y las estudiantes desarrollan los experimentos en grupos, con el apoyo docente. Al tomar las mediciones, deben elaborar un registro con los datos y realizar los cálculos correspondientes siguiendo la guía aportada. Posteriormente, cada grupo responde las preguntas de análisis indicadas en el informe, el cual se elabora como un documento colaborativo utilizando One Drive. La entrega de éste se realiza indicando el link de acceso en el entorno virtual del curso. Finalmente, se discute en plenaria las observaciones relevantes durante la ejecución de los experimentos.

La actividad de cierre pretende que las personas estudiantes reflexionen sobre los aprendizajes logrados en el tema y expresen este aprendizaje analizando en cuáles sistemas ingenieriles puede aplicarse la primera ley y de qué manera. Esto por medio de la participación en un foro disponible en el entorno virtual, en el cual se facilita retroalimentación en los comentarios por parte de otras personas participantes.

Esta secuencia formativa permite que estudiantes universitarios de carreras de ingeniería puedan comprender de manera práctica y lúdica un concepto complejo como la primera ley de la termodinámica, para luego pasar a la aplicación de ésta.

## Desarrollo de la secuencia formativa

<b>Tema:</b> La primera ley de la termodinámica	
<b>Objetivo:</b> Comprender el análisis de energías basado en el principio de la primera ley de la termodinámica.	
<b>Contenido:</b> Los tipos de energía y la primera ley de la termodinámica	
<b>Actividades de aprendizaje</b> (redacción dirigida al estudiante)	
<b>Actividad 1:</b> Conociendo los tipos de energía y su relación con la primera ley de la termodinámica.	
<b>¿Qué vamos a lograr?</b>	Conocer los tipos de energía y el principio de la primera ley de la termodinámica
<b>¿Cómo lo vamos a lograr?</b>	Realizando la lectura de las secciones 3.1 a 3.5 del libro de texto (Cengel, et al., 2017) y observando el video <a href="https://www.youtube.com/watch?v=EGiE_TkbFsY">https://www.youtube.com/watch?v=EGiE_TkbFsY</a> de Science-Time (canal de divulgación científica)
<b>¿Cómo lo vamos a evaluar?</b>	Juego: Crucigrama de energías (evaluación formativa). Cada ingreso a la actividad genera un crucigrama completamente nuevo, en el cual deben colocar conceptos asociados a los tipos de energía estudiados. El resultado mostrado indica cuáles respuestas son correctas.



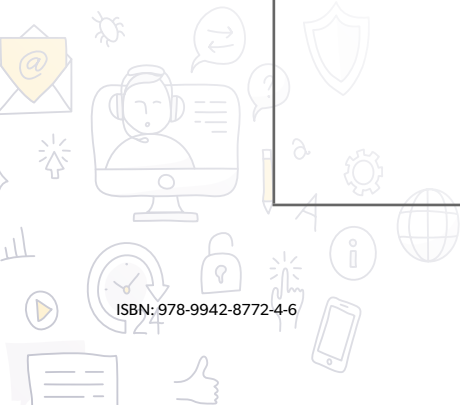


<b>Actividad 2:</b> Experimentemos cómo puedo identificar la primera ley de la termodinámica.	
<b>¿Qué vamos a lograr?</b>	Explicar la relación entre el trabajo y la energía interna, aplicando la primera ley de la termodinámica
<b>¿Cómo lo vamos a lograr?</b>	<p>Ejecutando dos experimentos, con apoyo del uso de simuladores virtuales de acceso gratuito. El primer experimento relaciona energía interna y trabajo mecánico. El segundo experimento relaciona energía interna y trabajo eléctrico.</p> <p>Se debe seguir el procedimiento aportado para realizar las mediciones necesarias; ambos experimentos toman un tiempo máximo de 15 minutos.</p> <p>Elaborando un registro de los datos tomados.</p> <p>Desarrollando un informe de los experimentos realizados indicando los resultados observados y las conclusiones respectivas. En el informe se debe responder la guía establecida de análisis de los resultados, tal que se explique la relación entre los diferentes tipos de energía y cómo esta relación demuestra el cumplimiento de la primer ley de la termodinámica.</p> <p>El informe se realiza de manera colaborativa por grupo, utilizando la plataforma One Drive, y el acceso a dicho documento se coloca en el entorno virtual del curso.</p>

<b>¿Cómo lo vamos a evaluar?</b>		<b>Aspecto a evaluar</b>	<b>No cumple minimamente</b>	<b>Cumple minimamente</b>	<b>Cumple satisfactoriamente</b>
		Incluye la sección de resultados obtenidos según las instrucciones Puntaje: 30%	Incumple con alguno o todos los puntos solicitados en las instrucciones Puntaje: 0 -10 %	Incluye todos los puntos indicados en las instrucciones, pero su realización es incorrecta en alguna medida Puntaje: 11-20 %	Incluye todos los puntos indicados en las instrucciones y está realizado correctamente Puntaje: 21 - 30 %
		Incluye la sección de discusión de resultados según las instrucciones Puntaje: 40%	Incumple con alguno o todos los puntos solicitados en las instrucciones Puntaje: 0 -15 %	Incluye todos los puntos indicados en las instrucciones, pero su realización es incorrecta en alguna medida Puntaje: 16 - 30 %	Incluye todos los puntos indicados en las instrucciones y está realizado correctamente Puntaje: 31 - 40 %
		Incluye conclusiones Puntaje: 20%	No presenta conclusiones o las conclusiones están mal redactadas Puntaje: 0 - 5 %	Presenta conclusiones que carecen de sustento Puntaje: 6- 15 %	Las conclusiones que presenta están bien redactadas y sustentadas Puntaje: 16 - 20 %
		Incluye referencias bibliográficas Puntaje: 5%	No presenta referencias Puntaje: 0 %	Presenta menos de 5 referencias o el formato no respeta APA 7ma edición Puntaje: 1-4 %	Presenta más de 5 referencias y utiliza el formato de acuerdo con APA 7ma edición Puntaje: 5 %
		Incluye anexos Puntaje: 5 %	No incluye anexos Puntaje: 0 %	Incluye algunos anexos, pero no incluye la evidencia de la toma de datos Puntaje: 3 %	Incluye anexos apropiados al informe, así como la evidencia de la toma de datos Puntaje: 5 %

### Actividad 3: Compartamos sobre la aplicación en otros sistemas

<b>¿Qué vamos a lograr?</b>	Reconocer la importancia de la primera ley de la termodinámica en sistemas ingenieriles.
<b>¿Cómo lo vamos a lograr?</b>	Accediendo a un foro en el entorno virtual, bajo la consigna de: "Comente con base en la experiencia del laboratorio realizado y el video observado sobre este tema, en cuáles sistemas ingenieriles resulta útil la aplicación de la primera ley de la termodinámica."
<b>¿Cómo lo vamos a evaluar?</b>	Se solicita al menos un aporte personal y un aporte o comentario retroalimentando al de otra persona en el foro (evaluación formativa). Se utiliza lista de cotejo para la verificación de cumplir con los dos comentarios, bajo la premisa: cumple o no cumple.



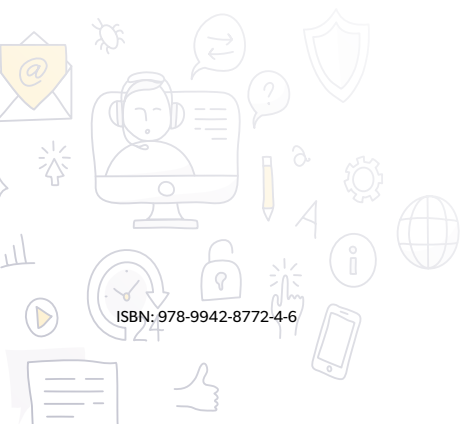
## Reflexiones finales

El tema de la primera ley de la termodinámica y muchos otros contenidos de esta área presentan un reto para el aprendizaje virtual. La secuencia formativa propuesta permite abordar un tema teórico, de manera práctica, tal que las personas estudiantes puedan visualizar y comprender mejor sus alcances. Los planteamientos metodológicos utilizados son poco encontrados en la literatura en torno a este objeto de estudio, es por ello que la propuesta presentada permite un nuevo enfoque pedagógico.

La aplicación de esta secuencia formativa generó interés y motivación por parte de estudiantes universitarios de tercer año de la carrera de Ingeniería Industrial con quienes se validó. Las personas estudiantes indicaron que la sesión fue “entretenida” y “diferente” (comunicación personal, 10 de setiembre de 2020).

Al analizar el planteamiento definitivamente se considera que existen retos que solventar. Entre éstos se encuentran: una conexión a internet estable y el acceso a un dispositivo, idealmente una computadora, para el desarrollo de las actividades.

Toda propuesta está sujeta a mejora y en definitiva necesitan considerarse condiciones de entorno propias de las personas estudiantes para adaptarla y asegurar el éxito en su aplicación. Si las condiciones lo permiten, esta secuencia formativa logra un aprendizaje práctico, claro y entretenido con el uso de metodologías activas novedosas y herramientas tecnológicas adaptadas a la virtualidad.





## Referencias

- Bejan, A. (2016). The First Law [La primera ley]. En A. Bejan (Ed.), *Advanced Engineering Thermodynamics*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119245964.ch1>
- Cengel, Y. A., Cimbala, J. M., & Turner, R. H. (2017). *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences [Fundamentos de ciencias térmicas y de fluidos]*. McGrawHill Education.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2012). *Termodinámica*. McGrawHill.
- Sonntag, R. E., Borgnakke, C., & Van Wylen, G. J. (2003). *Fundamentals of Thermodynamics [Fundamentos de termodinámica]*. John Wiley & Sons.
- Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey. (2014). *Aprendizaje invertido*. EduTrends. <https://observatorio.tec.mx/edutrend-saprendizajeinvertido>
- Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey. (2016). *Gamificación*. EduTrends. <https://observatorio.tec.mx/edutrendsgamificacion>
- Arias Ortiz, E., Escamilla, J., López, Á., & Peña, L. (2020). Nota CIMA # 21 COVID-19: Tecnologías digitales y educación superior: ¿Qué opinan los docentes? Banco Interamericano de Desarrollo – Publicaciones. <http://dx.doi.org/10.18235/0002431>
- Feo, R. (2010). Orientaciones básicas para el diseño de estrategias didácticas. *Tendencias pedagógicas* (16), 221-236. <http://hdl.handle.net/10486/5273>
- Mendoza Pescador, F. (2017). Curaduría de contenidos o de recursos educativos. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 9(18). <http://revistas.unam.mx/index.php/rmbd/article/view/64928/56960>
- Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D., & Bailey, M. B. (2014). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics [Fundamentos de ingeniería termodinámica]*. John Wiley & Sons.