

**MODELO EDUCATIVO PARA EL APRENDIZAJE DE LA TERMODINÁMICA  
APOYADO EN REDES DE INFORMACIÓN. FASE II**

**LINA MAYERLY BELTRÁN GULLOSO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2010**

**MODELO EDUCATIVO PARA EL APRENDIZAJE DE LA TERMODINÁMICA  
APOYADO EN REDES DE INFORMACIÓN. FASE II**

**LINA MAYERLY BELTRAN GULLOSO**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Mecánica**

**Director**

**JOSÉ IVÁN HURTADO HIDALGO**

**Ingeniero Mecánico**

**Maestro en Ciencias**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2010**

## DEDICATORIA

*Al regalo más grande que Dios me ha dado; mi familia, ¿Quién es como Dios?*

לאכימ

*Lina Mayerly Beltrán Guloso*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al Señor Jesús, Dios todo poderoso. REY de reyes, SEÑOR de señores*

*A mi familia por su apoyo y motivación. Gracias a Dios porque me rodea de personas maravillosas,*

*Al Profesor José Iván Hurtado por la confianza depositada en mí, gracias por su colaboración en el desarrollo de este proyecto y por su amistad.*

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>PÁG.</b>
INTRODUCCIÓN .....	11
1. FASE DE PLANIFICACIÓN DEL OBJETO DE APRENDIZAJE TERMORED UIS 2.0.....	13
2. FASE DE DISEÑO DEL OBJETO DE APRENDIZAJE TERMORED UIS 2.0....	20
3. FASE DE DESARROLLO DEL OBJETO DE APRENDIZAJE TERMOred UIS 2.0.....	23
3.1 ESTRUCTURA .....	24
3.2 UBICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DIDÁCTICA TERMOred 2.0 .....	36
CONCLUSIONES .....	38
RECOMENDACIONES.....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	40

## LISTA DE FIGURAS

	<b>PÁG.</b>
Figura 1. Estructura modular. Tercero y cuarto módulos .....	15
Figura 2. Estructura modular. Quinto módulo .....	16
Figura 3. Estructura modular. Sexto módulo.....	17
Figura 4. Estructura modular. Séptimo módulo.....	17
Figura 5. Fases para la producción de objetos de aprendizaje.....	18
Figura 6. Resumen de la selección de contenidos. Módulos 3, 4 y 5 .....	21
Figura 7. Resumen de la selección de contenidos. Módulos 6 y 7 .....	22
Figura 8. Página de inicio de la Termored 1.0 .....	25
Figura 9. Página de inicio actual. Termored 2.0.....	26
Figura 10. Presentación del módulo Energía de la termored 2.0.....	27
Figura 11. Actividad introductoria del módulo Primera Ley de la Termored.....	28
Figura 12. Módulo Primera Ley. Desarrollo del concepto de calor específico .....	29
Figura 13. Desarrollo de la primera ley para volumen de control.....	30
Figura 14. Pregunta de la Actividad 7. Módulo Segunda Ley .....	31
Figura 15. Segunda Ley: Principio de Kelvin-Planck .....	32
Figura 16. Segunda Ley: Ciclo de Carnot.....	33
Figura 17. Balance de Entropía .....	35

## RESUMEN

**TÍTULO:**

**MODELO EDUCATIVO PARA EL APRENDIZAJE DE LA TERMODINÁMICA APOYADO EN REDES DE INFORMACIÓN. FASE II\***

**AUTOR:**

Lina Mayerly Beltrán Guloso\*\*

**PALABRAS CLAVE:**

Termodinámica, objeto de aprendizaje, Internet, sitio web, aprendizaje en línea, e-learning.

**DESCRIPCIÓN:**

En los últimos años los objetos de aprendizaje han cobrado importancia en los procesos educativos en muchas partes del mundo. Es posible pensar que los objetos de aprendizaje no son solamente herramientas educativas, sino también formas innovadoras de producir conocimiento y generar aprendizaje. Con el desarrollo e implementación de este tipo de herramientas se está gestando un gran cambio en los métodos de enseñanza tradicionales impulsado por el acelerado avance tecnológico.

La Universidad Industrial de Santander ha incorporado las Tecnologías de la Información y Comunicación TICs como soporte y canal de comunicación en los procesos de aprendizaje. En compatibilidad con el desarrollo del proyecto institucional Prospetic y la puesta en marcha del CENTIC, se propuso y desarrolló parcialmente, en la primera fase de este proyecto, un objeto de aprendizaje llamado Termoweb. La Termoweb es un sitio web estandarizado, apoyado en multimedia al cual el estudiante puede acceder desde un ordenador conectado a Internet en cualquier momento y encontrar allí los conceptos fundamentales de la Termodinámica clásica. La versión 2.0 desarrollada en el transcurso de este proyecto, incorpora mejoras de tipo gráfico y completa los contenidos temáticos que comprenden el curso Termodinámica I correspondiente al plan de estudios de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

La implementación de esta propuesta metodológica tiene como objetivo generar conocimiento, estimulando al estudiante a ser el gestor del mismo, sin que esto represente una labor tediosa sino por el contrario bastante entretenida.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Profesor: José Iván Hurtado Hidalgo, Ingeniero Mecánico, M.Sc

## ABSTRACT

**TITLE:**

**EDUCATIONAL MODEL FOR LEARNING THE THERMODYNAMICS SUPPORTED IN INFORMATION NETWORKS. PHASE II\***

**AUTHOR:**

Lina Mayerly Beltrán Gulloso\*\*

**KEY WORDS:**

Thermodynamics, learning object, Internet, web site, online education, e-learning.

**DESCRIPTION:**

In recent years, learning objects have become important in educational processes in many places in the world. It is possible to think that learning objects are not only educational tools, but also innovative ways of producing knowledge and generate learning. With the development and implementation of such tools there is emerging a major shift in traditional teaching methods driven by the rapid technological advancement.

Industrial University of Santander has incorporated Information and Communication Technologies ICT as a support and communication channel for learning processes. In support development Prospective institutional project and implementation of CENTIC there was proposed and partially developed in the first phase of this project, a learning object called Termoweb. The Termoweb website is standardized and supported by multimedia, which the student can access from an Internet connected computer at any time and find fundamental concepts of classical thermodynamics. Version 2.0 developed in the course of this project includes improvements of full graphic and thematic content that comprise the course Thermodynamics I for the study plan of the School of Mechanical Engineering.

The implementation of this proposed method aims generate knowledge by encouraging students to become the managers of it by themselves, without tedious work but on the contrary quite entertaining.

---

\* Degree Project

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Teacher; Mr. José Iván Hurtado Hidalgo, Mechanical Engineer, M. Sc



## INTRODUCCIÓN

En este documento se consignan las memorias de la segunda fase de un proyecto concebido con el objetivo de acercar las nuevas tecnologías disponibles en el ámbito de la comunicación y la información a los procesos de aprendizaje de los fundamentos de la Termodinámica. Este proyecto se basó en el trabajo realizado en la fase inicial, en la cual se desarrolló un diseño instruccional o curricular de la asignatura Termodinámica I y un objeto de aprendizaje llamado Termored 1.0. El diseño instruccional planteado inicialmente no es más que un plan sistemático que promueve el logro de metas y objetivos educativos y cuyo producto, en este caso, fue una serie de tablas y gráficos que consignan los saberes y haceres relacionados, la relación propósito-contenidos, la estructura modular y la planeación curricular. Esta valiosa información fue una de las bases para el diseño y desarrollo del objeto de aprendizaje Termored 2.0, para los contenidos temáticos que no fueron cubiertos en la primera fase de este proyecto, a saber: Primera ley de la termodinámica, Energía, Análisis de Primera ley en sistemas de ingeniería, Segunda ley de la termodinámica, Entropía, Análisis de segunda ley en sistemas de ingeniería, Irreversibilidad y Disponibilidad.

La Termored, es un sitio web diseñado principalmente para el proceso de instrucción y aprendizaje de los estudiantes de Termodinámica I, y se desarrolló en tres etapas. La primera fue de planificación, en la cual se realizó un estudio de los contenidos temáticos planteados en la primera fase, con el fin de establecer claramente el propósito de cada uno de los módulos; la segunda fue de diseño donde se buscó la mejor forma gráfica y animada de plantearle al estudiante los conceptos. Finalmente la tercera fue el desarrollo de la herramienta pedagógica, para lo cual fue necesario adelantar, por parte del proyectista, un curso virtual que

ofrece el SENA titulado *Diseño web con Macromedia Dreamweaver MX*; la experiencia en el aprendizaje en línea obtenida en este curso de un mes fue de gran ayuda para el diseño de la Termored junto con sus contenidos, que debían presentarse con la mayor sencillez posible pero incorporando la mayor cantidad de conceptos y ocupando un tamaño de disco reducido en términos de kilobytes. También fue necesario adelantar otro curso virtual de animación en *Macromedia Flash 8*; este se tomó del sitio web [www.aulaclie.es](http://www.aulaclie.es) que está dedicado a autodidactas porque, a diferencia del curso del Sena, no está guiado por un tutor 'virtual'. Los contenidos de la Termored, si bien no necesitan de un tutor para su desarrollo, están dispuestos de tal forma que si en algún momento el estudiante tiene una inquietud o duda, podrá plantearla al profesor mediante el correo electrónico o personalmente; también se incluye en todas las páginas el correo electrónico del desarrollador, para atender a los estudiantes y cerrar el lazo mediante la retroalimentación de la opiniones, sugerencias, comentarios, dudas e inquietudes.

## **1. FASE DE PLANIFICACIÓN DEL OBJETO DE APRENDIZAJE TERMORED**

### **UIS 2.0**

En esta fase se buscó establecer la metodología guía para el desarrollo de objetos de aprendizaje y los requerimientos de éste, establecidos por el diseño instruccional. Conviene recordar aquí que el diseño instruccional es el resultado que arroja un análisis de las necesidades y metas educativas por cumplir y se compone de una serie de mecanismos que permitan alcanzar esos objetivos. Parte de esos mecanismos son los objetos de aprendizaje (también conocidos como objetos de contenido, objetos de conocimiento, objetos reutilizables de información u objetos reutilizables de aprendizaje), que son un conjunto de recursos digitales, autocontenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. Los objetos de aprendizaje deben tener una estructura de información externa (metadatos) que facilite su almacenamiento, identificación y recuperación. [1] [3]

En la actualidad las herramientas tecnológicas de apoyo a la educación tienen un enfoque principalmente constructivista, puesto que dirigen el trabajo de los estudiantes para que éstos generen sus propios conocimientos. El uso de tecnología educativa enfrenta un gran reto, asegurar el aprendizaje de los estudiantes y el desarrollo de habilidades. Es por ello que este tipo de herramientas deben estar basadas en un diseño instruccional. En el caso específico de la Termored, como objeto de aprendizaje, se fundamentó en el diseño instruccional previo (fase I) [4], que planteó el logro de competencias específicas para cada uno de los módulos. En la siguiente fase se enfatiza en

esas competencias, planteadas en el diseño instruccional, ya que son el punto de partida para el desarrollo de cada una de las partes del objeto de aprendizaje.

La estructura modular propuesta en la fase I del proyecto se adaptó para facilitar el desarrollo del objeto de aprendizaje. Con esto no se pretende variar el diseño instruccional sino establecer la pertinencia de los contenidos adaptables para el desarrollo gráfico del objeto, teniendo siempre en mente el deseo de mantener en interés del estudiante mientras esté navegando. Específicamente hablando, se evitó saturar visualmente la página con deducciones de fórmulas o cálculos largos que harían tedioso el estudio. El propósito de esta herramienta no es reemplazar el libro de texto, ni mucho menos las clases magistrales, sino más bien ser una ayuda especialmente a la hora de visualizar los procesos de forma animada, cosa que el texto no permite, con lo cual se fomenta la formación de conceptos sólidos.

Una de las variaciones de la estructura modular fue la adición de un módulo previo al de primera ley, llamado "Energía". Esto con el propósito de presentar al estudiante ampliamente las interacciones energéticas, y como base para el desarrollo de las leyes de la termodinámica que deberá estudiar posteriormente. La otra variación fue la omisión del módulo llamado "Análisis de Segunda Ley de la Termodinámica" [4], ya que los propósitos y contenidos temáticos se pueden desarrollar en el módulo "Entropía". Las siguientes gráficas muestran la estructura modular que fue la base para el desarrollo del objeto de aprendizaje.

**Figura 1. Estructura modular. Tercero y cuarto módulos**



Fuente: Autora del proyecto

Figura 2. Estructura modular. Quinto módulo



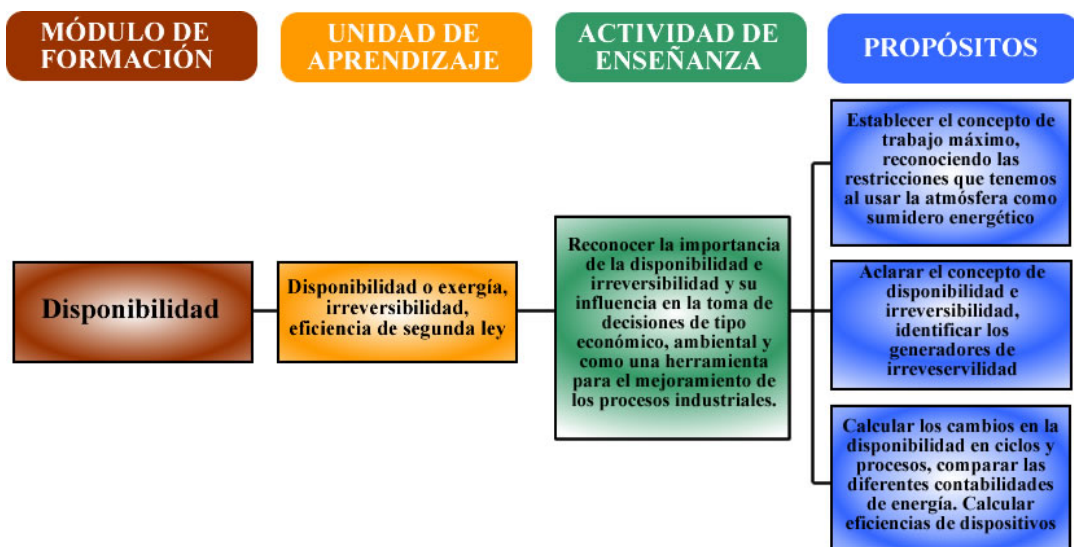
Fuente: Autora del proyecto

Figura 3. Estructura modular. Sexto módulo



Fuente: Autora del proyecto

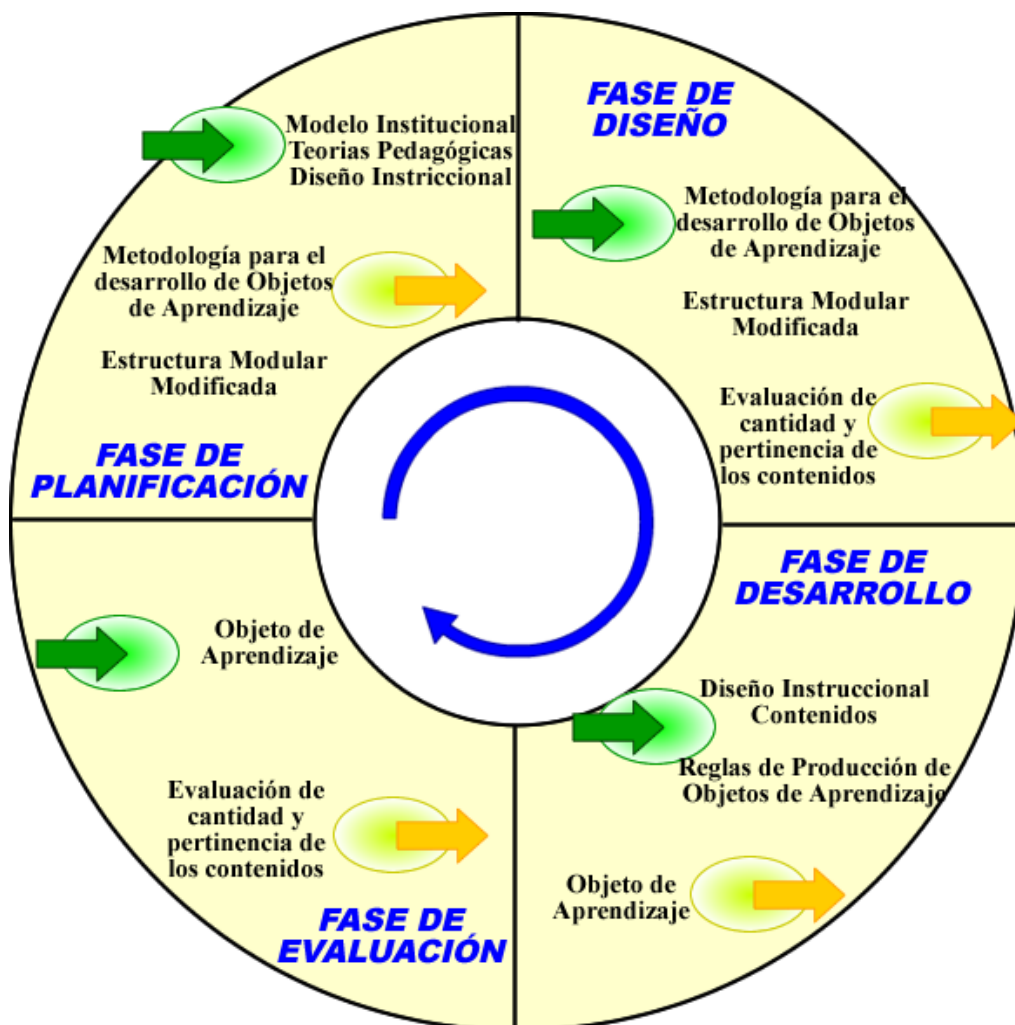
Figura 4. Estructura modular. Séptimo módulo



Fuente: Autora del proyecto

La metodología que se usa en el desarrollo del objeto de aprendizaje se compone de cuatro fases. En la gráfica se pueden identificar estas fases como procesos, cada uno de los cuales tiene sus entradas y salidas.

Figura 5. Fases para la producción de objetos de aprendizaje



Fuente: Autora del proyecto

El primer proceso es el de planificación, que se desarrolla en el presente capítulo. Los elementos de entrada son el modelo institucional Prospetic, las teorías



pedagógicas como el constructivismo [2] y el diseño instruccional desarrollado en la primera fase. Luego de analizar toda esta información se estructuraron dos productos, la metodología que se debe utilizar y la estructura modular adaptada al objeto de aprendizaje. Estos productos serán la entrada para el siguiente proceso; la fase de diseño.

El segundo proceso es la fase de diseño. En este proceso se toma toda la información arrojada del proceso anterior y se evalúa cada uno de los contenidos temáticos de los módulos para valorar la factibilidad de crear objetos gráficos como animaciones y actividades que acompañen el desarrollo y la fijación de los conceptos.

El tercer proceso es la fase de desarrollo. Las entradas para este proceso son todas las anteriores: el diseño instruccional desarrollado en la primera fase, los conocimientos adquiridos en el manejo de software del paquete Macromedia, las teorías pedagógicas aplicadas a herramientas tecnológicas y los contenidos tamizados de la fase anterior. Este es el corazón del proceso; aquí es donde se crea el producto que motivó el desarrollo de este proyecto y cuyas características son la sencillez y la adaptabilidad.

El cuarto y último proceso, es la evaluación del objeto de aprendizaje. Aquí es donde se pone a prueba el trabajo desarrollado, es donde los usuarios prueban la efectividad del diseño y desarrollo. Lo más importante de esta fase es la retroalimentación. Se sabe que todo aquello que implique tecnología está sometido a procesos de continuo cambio, pues la mejora continua es su motivo conductor así que la retroalimentación permite ofrecer mejores herramientas a los estudiantes y generar un mejoramiento en los métodos de enseñanza.

## **2. FASE DE DISEÑO DEL OBJETO DE APRENDIZAJE TERMORED UIS 2.0**

El empleo de las tecnologías de información y comunicación le imparte a las asignaturas un especial dinamismo que libera al estudiante, y lo lleva a construir su propio proceso de aprendizaje, que se ajuste a su ritmo de trabajo para lograr mejor desempeño y convertir el proceso en algo divertido eliminando la potencial amenaza de frustración que ofrecen ciertas asignaturas por la forma de su enfoque pedagógico.

El diseño del objeto de aprendizaje Termored 2.0 se realizó pensando en la necesidad de los futuros ingenieros de obtener una comprensión clara y dominio de los principios básicos, de manera que puedan acometer la solución de problemas de alta complejidad, plantear soluciones e interpretar los resultados. Se puso especial énfasis en motivar la curiosidad natural de los estudiantes ayudándoles a explorar las diversas facetas de los temas y permitiéndoles, a través de esta herramienta, conocer el emocionante mundo de la Termodinámica; se presentan situaciones reales que permiten adquirir conceptos sólidos, para posteriormente enfocar la atención en la solución de problemas y finalmente en el análisis de resultados que, en muchos casos, es una etapa muy importante que a menudo se deja de lado en los métodos tradicionales de instrucción.

La Termored no se diseñó para reemplazar el libro de texto, aunque la recomendación para los estudiantes es que, primero, den un vistazo a los contenidos de ella para, después, profundizar en la gran diversidad de bibliografía disponible, o combinar de forma dinámica las visitas al sitio y la lectura de los tópicos. En el estudio de la Termodinámica es importante leer con mucha atención y hasta comprender muy bien los conceptos, antes de lanzarse a resolver

problemas; la resolución de problemas es una tarea que asegura adquirir habilidades en el manejo de tablas, datos, ecuaciones y situaciones que requieren análisis desde el punto de vista termodinámico, aunque sean desconocidas, tal como ocurrirá en la práctica profesional del futuro ingeniero.

En la fase de diseño se evalúa la pertinencia de los contenidos, es decir, después de estudiar detenidamente los temas de cada uno de los módulos se determina el orden y el tipo de actividades que se deben implementar para su desarrollo.

Las siguientes figuras presentan un resumen de los contenidos implementados en la Termored y las actividades planteadas para cada uno.

**Figura 6. Resumen de la selección de contenidos. Módulos 3, 4 y 5**

Módulo	Contenido	Desarrollo
Tercer Módulo: Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservación de la energía mecánica</li> <li>- Energía interna</li> <li>- Trabajo</li> <li>- Trabajo de frontera</li> <li>- Calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Texto y animaciones</li> <li>- Texto y animaciones</li> <li>- Texto, animaciones y ejemplos</li> <li>- Texto, animaciones y actividad: animaciones y preguntas</li> <li>- Animación</li> </ul>
Cuarto Módulo: Primera Ley	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primera ley para sistema cerrado</li> <li>- Calores específicos</li> <li>- Introducción a volumen de control</li> <li>- Principio de conservación de la masa</li> <li>- Trabajo de flujo</li> <li>- Primera ley para volumen de control</li> <li>- Flujo estable en estado estable</li> <li>- Aplicaciones de primera ley: Toberas y difusores; Reguladores de flujo; Bombas, compresores y ventiladores; Turbinas e Intercambiadores de calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Texto, animaciones, fórmulas y actividad: animaciones y preguntas</li> <li>- Texto y animaciones</li> <li>- Texto y animación</li> <li>- Texto, fórmulas y animación</li> <li>- Texto, fórmulas y animación</li> <li>- Texto, animación y fórmulas</li> <li>- Texto y fórmulas</li> <li>- Texto, fórmulas, animaciones e imágenes</li> </ul>
Quinto Módulo: Segunda Ley	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depósitos de energía térmica</li> <li>- Procesos reversibles e irreversibles</li> <li>- Motores de calor y bombas de calor (refrigeradoras y calefactoras).</li> <li>- Postulados de Kelvin-Planck y Clausius</li> <li>- Ciclo de Carnot</li> <li>- Principios de Carnot</li> <li>- Motor de calor y bomba de calor (refrigeradoras y calefactoras) de Carnot</li> <li>- Eficiencia térmica y coeficientes de desempeño.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Texto y animaciones</li> <li>- Actividad: animaciones, imágenes y preguntas</li> <li>- Animaciones y texto</li> <li>- Animaciones y texto</li> <li>- Simulación</li> <li>- Texto</li> <li>- Animaciones y Tabla de fórmulas</li> <li>- Deducción y tabla de fórmulas</li> </ul>

Fuente: Autora del proyecto

**Figura 7. Resumen de la selección de contenidos. Modulos 6 y 7**

Módulo	Contenido	Desarrollo
Sexto Módulo: Entropía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de entropía</li> <li>- Desigualdad de Clausius</li> <li>- Principio de incremento de entropía</li> <li>- Generación de entropía para sistema cerrado y volumen de control</li> <li>- Procesos isoentrópicos</li> <li>- Relaciones T ds</li> <li>- Diagramas T-S</li> <li>- Eficiencias isoentrópicas</li> <li>- Cambio de entropía en diferentes sustancias.</li> <li>- Balance de entropía para sistema cerrado y volumen de control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actividad: animaciones, imágenes y preguntas</li> <li>- Texto y fórmulas</li> <li>- Texto y animación</li> <li>- Texto, fórmulas y preguntas</li> <li>- Texto, fórmulas, preguntas e imágenes</li> <li>- Texto y fórmulas</li> <li>- Actividad: diagramas y preguntas</li> <li>- Actividad: imágenes, preguntas y fórmulas</li> <li>- Animación</li> <li>- Animación y fórmulas</li> </ul>
Séptimo Módulo: Exergía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de exergía</li> <li>- Estado muerto e irreversibilidad</li> <li>- Principio de disminución y destrucción de la exergía</li> <li>- Eficiencia de segunda ley</li> <li>- Cambio de exergía en sistema cerrado y volumen de control</li> <li>- Transferencia de exergía por masa, calor y trabajo</li> <li>- Balance de exergía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Texto e imágenes</li> <li>- Texto, animaciones y fórmulas</li> <li>- Animaciones y texto</li> <li>- Animaciones</li> <li>- Simulación</li> <li>- Animaciones</li> <li>- Animaciones y fórmulas</li> </ul>

Fuente: Autora del proyecto

### **3. FASE DE DESARROLLO DEL OBJETO DE APRENDIZAJE TERMORED UIS**

#### **2.0**

La principal característica de la Termored 2.0 es la compatibilidad con el objeto desarrollado en la primera fase (Termored 1.0); con el portal del profesor y con la mayoría de los navegadores que fueran a utilizar los estudiantes dentro y fuera de la universidad. Para el desarrollo de las páginas que componen la Termored se utiliza el software Macromedia Flash 8 de la casa Abode™; se escogió este programa por su amplia presencia y acogida en la web. Para la correcta visualización de la Termored es necesario contar con el *plug in* Macromedia Flash Player que se descarga gratuitamente de la página de Adobe; sin embargo recientemente se ha estandarizado este formato por lo que las nuevas versiones de los navegadores pueden soportarlo sin ningún problema.

La Termored y sus contenidos están ideados de tal manera que cualquier persona que haya experimentado la navegación por Internet los aproveche sin dificultad. Otra característica de la Termored 2.0 es que mantiene los mismos colores institucionales de la versión anterior, así como los del portal del profesor, esto por la política del proyecto Prospectic, de fomentar el sentido de pertenencia de la comunidad universitaria hacia su universidad y las unidades administrativas a las que pertenecen.

En de la versión 1.0 de la Termored se incorporó un contador de visitas al sitio que permanece en esta segunda versión -a la fecha se han recibido visitas de diferentes lugares del mundo- y se concluye que los visitantes de la Termored usan diversos sistemas operativos y navegadores; debido a esto, la Termored 2.0 se ha probado en diferentes navegadores, a saber, Internet Explorer, Mozilla

Firefox y Google Chrome, sobre plataformas Windows y Linux, con el fin de garantizar la compatibilidad del sitio con los diferentes sistemas que los usuarios finales pueden utilizar para acceder a sus contenidos.

### **3.1 ESTRUCTURA**

El objeto Termored UIS 2.0 tiene la estructura de un portal; una vez se accede a su interior, lo primero que aparece es la pantalla de bienvenida o inicio del portal. Este sitio fue desarrollado utilizando el paquete de diseño web Macromedia Dreamweaver 8; el manejo y conocimiento de este programa se obtuvo a través de un curso virtual dictado por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA titulado Diseño Web con Macromedia Dreamweaver Mx; este curso virtual entrega certificados y se desarrolla en 40 horas de instrucción que incluyen: exámenes, tareas y trabajos dirigidos por un tutor.

Esta experiencia fue bastante útil al momento de diseñar la Termored, ya que se debe tener en cuenta que un navegante de Internet busca páginas gráficamente atractivas, con contenido útil y, lo más crítico, que se carguen o ejecuten con rapidez, lo que se consigue mediante tamaños razonables de las páginas y gráficos incluidos. Se dice que la mayoría de los navegantes de Internet sólo están dispuestos a esperar en promedio 1 segundo para que se carguen los contenidos o para que se asegure que se están cargando; de lo contrario se abstienen de continuar navegando por el sitio.

Aunque entre los objetivos planteados se expresó el deseo de mantener la compatibilidad de la herramienta, se dejó abierta la posibilidad de implementar mejoras de tipo gráfico. Intentando mantener las características, tanto en texto como en colores, de la versión original, en esta segunda versión se dividió la

ventana principal en tres marcos, de los cuales el superior se utiliza para el título, el izquierdo para la barra de botones de navegación, y el principal, donde se muestran los contenidos.

La ventaja de la utilización de marcos dentro del diseño de la web es que hacen posible contar siempre en pantalla con los botones de la barra de navegación lo que permite redirigir al estudiante a los diferentes capítulos del portal sin necesidad de desplazarse por la página de contenidos. Para ilustrarlo, las figuras 8 y 9 contrastan la página de inicio de la anterior versión con la página de inicio actual.

**Figura 8. Página de inicio de la Termored 1.0**



Fuente: Sergio Muñoz

La figura 9 presenta la segunda versión; esta fue capturada de una pantalla con resolución mayor a la primera, manteniendo la estructura y distribución de la página, para facilitar la lectura en diferentes resoluciones de pantalla; esto hace

que el objeto de aprendizaje creado sea más compatible con la web y permite que sea visualizado de igual forma sin importar qué máquina (modelo de computadora) o navegador se esté utilizando.

Figura 9. Página de inicio actual. Termored 2.0



Fuente: Autora del proyecto

Continuando con el orden secuencial de contenidos, que no se cubrieron en la versión 1.0, el siguiente módulo es Primera Ley. Sin embargo, como parte de las mejoras se introduce un módulo independiente titulado Energía, cuya ubicación es previa al módulo Primera Ley, con lo que se busca que el estudiante tenga claridad sobre los conceptos de intercambios energéticos de un sistema con sus alrededores y sobre la capacidad de los sistemas para almacenar energía en forma de energía interna. La figura 10 muestra el desarrollo del concepto "energía interna" [9], allí se presentan en forma gráfica animada las diferentes formas de energía contenidas en la energía interna.



**Figura 10. Presentación del modulo Energía de la termored 2.0**

*TERMORED - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

Inicio

Sistema

Propiedades de los sistemas

Gases

Energía

1ª ley

2ª ley

Entropía

Exergía

**ENERGÍA INTERNA**

Las siguiente energías están contenidas en la energía interna:

Traslacional	Rotacional	Vibracional	Química, nuclear, eléctrica
			

La energía interna es diferente de la energía cinética y potencial; ya que estas son formas macroscópicas de energía, mientras la energía interna es una propiedad que se origina en la estructura microscópica de la materia, y la mejor manera de describirla es a través de la temperatura y la presión de una sustancia.

Ecuación de la conservación de la energía:

$$\text{Energía Cinética} + \text{Energía Potencial} + \text{Energía Interna} = \text{Constante}$$

Esto es cierto si se aplica a todo el universo termodinámico. Sin embargo, es posible que no se aplique a sistemas definidos dentro del universo. Por ejemplo, si definimos agua en una olla como nuestro sistema y calentamos la olla en una estufa, la temperatura del agua se incrementará. El aumento de la temperatura es causada por un aumento de la energía interna del sistema y este proceso se traduce en un aumento en la energía total del agua. Pero si el sistema se define como el agua en la olla, la energía no se conserva. Sin embargo, el total de la energía en el universo se conserva ya que la energía pasó de una parte del universo (el quemador) a otra (el agua).

Fuente: Autora del proyecto

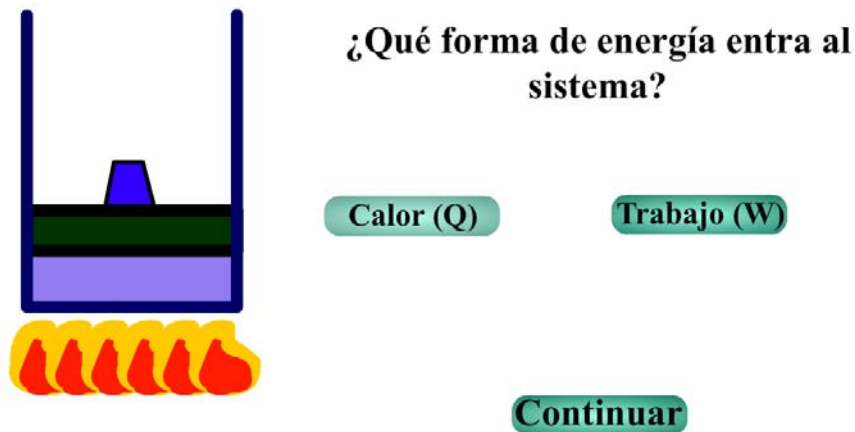
En el contenido del tópico de intercambios energéticos se definen las dos formas como un sistema termodinámico intercambia energía con sus alrededores, es decir calor y trabajo. Se continúa con una exposición sobre las diferentes formas de trabajo, utilizando ejemplos para consolidar el concepto de trabajo mecánico y presentando las fórmulas para el cálculo del trabajo de frontera para diferentes procesos.

Se presenta una actividad sobre compresibilidad, la cual ayuda al estudiante a tener un concepto claro sobre la compresibilidad de gases y el trabajo requerido durante un proceso de compresión. Así mismo se finaliza el módulo exponiendo los mecanismos de transferencia de calor, pero no se profundiza en el tema ya que será objeto de amplio estudio en un curso posterior. En este capítulo se incluye además, como preámbulo a la presentación de la primera ley de la termodinámica, la aplicación del principio de conservación de la energía mecánica y sus falencias para explicar fenómenos como la fricción o los choques inelásticos,

lo que hace necesario, entonces, definir la energía interna como forma y propiedad para explicar el fenómeno de acumulación de energía en los sistemas.

El siguiente módulo corresponde a la Primera Ley de la Termodinámica. Para mayor facilidad de comprensión se inició con el estudio de los sistemas cerrados para posteriormente continuar con los volúmenes de control.

**Figura 11. Actividad introductoria del módulo Primera Ley de la Termodinámica**



Fuente: Autora del proyecto

Para los sistemas cerrados se define la primera ley como el balance de energía para una masa fija; después de una actividad de refuerzo (figura 11) se utilizan dos animaciones (figura 12) para presentar los conceptos de calores específicos a presión y volumen constante, conceptos que cobran importancia en el cálculo de la energía interna y la entalpía de gases.

Figura 12. Módulo Primera Ley. Desarrollo del concepto de calor específico

*TERMORED - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

Inicio

Sistema

Propiedades de los sistemas

Gases

Energía

1ª ley

2ª ley

Entropía

Exergía

**CALORES ESPECÍFICOS : LA RELACIÓN ENTRE CAMBIO DE TEMPERATURA Y CALOR**

Cuánto calor se transfiere a una sustancia para un determinado cambio de temperatura  $\Delta T$ ? Esto depende de la sustancia. En general:

$$Q = c \cdot \Delta T$$

donde  $c$  es una constante que depende de la sustancia.

Podemos determinar el valor de la constante  $c$  para cualquier sustancia, si conocemos la cantidad de calor transferido. Esta constante se conoce como **calor específico** se define como *la energía requerida para elevar en un grado la temperatura de una unidad de masa de una sustancia*.

El calor específico esta definido para dos procesos a presión constante  $C_p$  y a volumen constante  $C_v$ .

**CALOR ESPECÍFICO A VOLUMEN CONSTANTE**



*Aplicamos el principio de conservación de la energía a este proceso y lo expresamos diferencialmente:*

$$\delta q_{medida} = \delta q_{calor} = du$$

*A partir de la definición  $q = C \cdot \delta T$  tenemos:*

$$C_v \delta T = du \quad \text{a volumen constante, o bien}$$

$$C_v = \left( \frac{\delta u}{\delta T} \right)_v$$

Fuente: Autora del proyecto

Para los sistemas abiertos o volúmenes de control, después de una pequeña introducción que describe los intercambios energéticos que tienen lugar en un sistema de este tipo, se explican: el principio de conservación de la masa, el caso especial de flujo estacionario y el concepto de trabajo de flujo. Todos estos conceptos se muestran de forma gráfica y animada con el fin de mantener el interés del estudiante.

El balance de energía para un volumen de control se plantea por medio de una animación (figura 13) que facilita la visualización de los términos contenidos en la ecuación general de primera ley para volumen de control.

Figura 13. Desarrollo de la primera ley para volumen de control

*TERMORED - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

Inicio

Sistema

Propiedades de los sistemas

Gases

Energía

1ª ley

2ª ley

Entropía

Exergía

**PRIMERA LEY PARA SISTEMAS ABIERTOS (VOLÚMENES DE CONTROL)**

En un sistema abierto, la energía puede entrar o salir por medio del flujo másico de entrada o salida respectivamente; adicionalmente a los mecanismos convencionales de transferencia de energía como son: la Transferencia de Calor y el Trabajo.

Por otra parte, la energía almacenada en el sistema también puede variar por el incremento o disminución de la masa debido a cambios de estado. (por ejemplo un incremento o disminución de temperatura). Por supuesto, la energía total se conserva.

Así que podemos escribir la ecuación de **Primera Ley (Balance de Energía)** para un sistema abierto:

$$E_{entrada} - E_{salida} = \Delta E_{almacenada} = E_2 - E_1$$

$$E_{entrada} = Q_{entrada} + W_{entrada} + m_{entrada} \left( h + \frac{v^2}{2g_c} + \frac{g z}{g_c} \right)_{entrada}$$

$$E_{salida} = Q_{salida} + W_{salida} + m_{salida} \left( h + \frac{v^2}{2g_c} + \frac{g z}{g_c} \right)_{salida}$$

$$E_2 = m_2 \left( u + \frac{v^2}{2g_c} + \frac{g z}{g_c} \right)_2$$

$$E_1 = m_1 \left( u + \frac{v^2}{2g_c} + \frac{g z}{g_c} \right)_1$$

Fuente: Autora del proyecto

Partiendo de la ecuación general de primera ley, se estudian como casos especiales: flujo másico cero (balance de energía para un sistema cerrado) y flujo estable en estado permanente o estable; este concepto cobra particular importancia más adelante ya que muchos de los dispositivos ampliamente utilizados en ingeniería se modelan asumiendo ésta condición.

Finalmente y después que el estudiante tiene en mente los conceptos de la primera ley de la termodinámica; el módulo finaliza con el estudio de sistemas y dispositivos termodinámicos cuyo modelamiento se hace sobre la base de los conceptos estudiados. Estos dispositivos son: Toberas y Difusores; Reguladores de Flujo; Bombas, Compresores y Ventiladores, Turbinas e Intercambiadores de Calor.

El módulo de la Segunda Ley de la Termodinámica, se inicia con la definición de algunos conceptos como: Reservorios energéticos, Procesos reversibles e

irreversibles y Máquinas térmicas; conceptos que serán base para el enunciado de la Segunda Ley de la Termodinámica.

Los procesos reversibles e irreversibles se desglosan en actividad 7, la cual expone diferentes situaciones de la vida real para facilitar la identificación del tipo de evento (si es reversible o irreversible). En la figura 14 se ilustra la actividad.

**Figura 14. Pregunta de la Actividad 7. Módulo Segunda Ley**  
**Procesos Con fricción y Sin Fricción**

Usted esta remando en una canoa el un lago. Luego deja de remar y la canoa sigue a la deriva hasta detenerse. Que clase de proceso es este?

Reversible

Irreversible



De los procesos anteriores podemos concluir que cualquier proceso en el que la energía cinética se transforme en calor, es irreversible. La fricción es una de las formas mas comunes de convertir energía cinética en calor y por lo tanto la presencia de la fricción siempre causa que los procesos sean irreversible. Que otros procesos son reversibles e irreversibles?

Continuar

Fuente: Autora del proyecto

Después de discernir sobre las Máquinas térmicas; características, balance de energía (primera ley) y eficiencia, el estudiante estará preparado para abarcar los enunciados de la Segunda Ley de la Termodinámica: el enunciado de Kelvin Planck [8] y el enunciado de Clausius [5]; las animaciones (Ver figura 15) que acompañan a estos conceptos fueron ideadas para la memoria gráfica de

estudiante; se busca que relacione el enunciado con un gráfico y así pueda desarrollar bases conceptuales sólidas.

**Figura 15. Segunda Ley: Principio de Kelvin-Planck**

**TERMORED - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA**

Hay dos enunciados clásicos de la segunda ley de la termodinámica; el primero (Kelvin-Planck) se relaciona con las máquinas térmicas en general y el segundo (Clausius) con los refrigeradores y las bombas de calor.

**1. ENUNCIADO DE KELVIN-PLANCK**

Según lo anterior podemos asegurar que la máquina térmica ideal no puede convertir todo el calor recibido en trabajo útil y que necesariamente tiene que desachar calor a un depósito de baja temperatura para completar el ciclo. Esto introduce el concepto de eficiencia térmica y es la base del enunciado de Kelvin-Planck:

**Es imposible para cualquier dispositivo que opera en un ciclo intercambiar calor con una fuente única de temperatura y producir un trabajo neto.**

**NO ES POSIBLE**

El enunciado de Kelvin-Planck también puede expresarse: *una máquina térmica no puede tener una eficiencia del 100% o para que una planta de energía opere, el fluido de trabajo debe intercambiar calor tanto con el medio ambiente (sumidero de baja) como con el horno (fuente de alta).*

Fuente: Autora del proyecto

Aplicando la metodología del objeto de aprendizaje, a continuación de las bases conceptuales se presentan las aplicaciones. En las bombas de calor refrigeradoras y bombas de calor calefactoras se aplican los conceptos previamente expuestos; para estos dispositivos cíclicos se definen sus coeficientes de funcionamiento COP.

El módulo prosigue con la exposición del ciclo de Carnot, el cual se presentó en forma animada y se acompaña con una descripción por escrito de cada uno de los procesos que lo integran, (Figura 16) finalizando con la presentación del concepto de escala termodinámica de temperatura.

**Figura 16. Segunda Ley: Ciclo de Carnot**

*TERMORED - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

Inicio

Sistema

Propiedades de los sistemas

Gases

Energía

1ª ley

2ª ley

Entropía

Exergía

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

### EL CICLO DE CARNOT

La eficiencia de un dispositivo que opera en un ciclo depende de como se desarrolle cada uno de los procesos que lo conforman. Para maximizar la eficiencia, los procesos deberan consumir la minima cantidad de trabajo y entregar lo máximo, es decir los procesos deberan ser reversibles. Recordemos que los procesos reversibles son ideales y son importantes en la medida que nos permiten fijar limites para comparar con procesos reales (irreversibles).

El mas famosos ciclo reversible conocido es el ciclo de Carnot, propuesto en 1824 por el ingeniero francés Sadi Nicolas Léonard Carnot (1796-1832). La máquina térmica de Carnot opera en un ciclo conformado por dos procesos adiabáticos y dos isotérmicos.

Consideraremos un sistema cerrado conformado por un dispositivo cilindro-pistón en cuyo interior se encuentra alojado un gas ideal. El cilindro tiene un aislamiento que puede ser retirado para ponerlo en contacto con depósitos con los que intercambiará calor. Los cuatro procesos reversibles que conforman el ciclo son:



Para el módulo Entropía se desarrolló una actividad introductoria que le permite al estudiante, mediante objetos gráficos, preguntas sencillas relacionadas con los objetos y sus respuestas, afirmar el concepto de lo entropía y la relación que tiene con otras propiedades termodinámicas como la concentración química, la temperatura y la presión. La desigualdad de Clausius [7] resume el principio de incremento de la entropía, el cual se complementa con una animación interactiva que muestra algunos de los mecanismos de generación de entropía como las mezclas, el calentamiento por resistencia eléctrica y la transferencia de calor a través de una diferencia finita de temperaturas. Seguidamente se deducen las fórmulas del principio de generación de entropía para sistemas abiertos y cerrados, y se plantea un par de preguntas que buscan estimular un análisis, por parte del estudiante, del significado de cada uno de los términos de las expresiones.

Las relaciones  $T - ds$  desarrolladas combinando el concepto de la primera y segunda leyes de la termodinámica, precede a los procesos isoentrópicos donde,

después de definirlos, se plantea un par de preguntas que incentivan al estudiante a analizar si el concepto de proceso isoentrópico es sinónimo de proceso adiabático reversible.

La eficiencia isoentrópica es un concepto de suma importancia en el modelamiento termodinámico de algunos dispositivos; por ello se plantea una actividad con preguntas, objetos gráficos y respuestas para su desarrollo. Los diagramas *Temperatura - Entropía* se presentan también con un objeto gráfico similar, que se propone estimular al estudiante a dar respuesta a las preguntas planteadas, analizando la gráfica que la acompaña.

Otro tipo de objeto que se usa en este módulo es una animación interactiva que contiene distintos escenarios según el botón de selección que este activado (figura 17). Este modelo de objeto se utilizó para presentar las fórmulas de las variaciones de entropía para distintas sustancias y de los balances de entropía para los diferentes sistemas; esto facilita la apropiación de las fórmulas sin saturar visualmente al usuario y facilita la relación entre los conceptos y las ecuaciones, lo que es muy útil en el momento de enfrentar la resolución de problemas planteados en los libros de texto y los aquellos que se presenten en el ejercicio profesional.



Figura 17. Balance de Entropía

*TERMORED - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

Inicio

Sistema

Propiedades de los sistemas

Gases

Energía

1ª ley

2ª ley

Entropía

Exergía

**BALANCE DE ENTROPIA**

El balance de entropía puede enunciarse así: *El cambio de entropía de un sistema durante un proceso, es igual a la transferencia neta de entropía a través de la frontera del sistema y la entropía generada dentro de éste.* A continuación encontrarás el balance de entropía para diferentes sistemas.

$$\frac{dS}{dt} = \sum_{ent} m_{ent} S_{ent} - \sum_{sal} m_{sal} S_{sal} + \frac{\dot{Q}}{T_{frontera}} + \dot{S}_{gen} \quad \left[ \frac{kJ}{K} \right]$$

*Tasa de incremento de entropía para un sistema*
*Tasa de entropía transportado dentro del sistema por masa*
*Tasa de entropía transportado fuera del sistema por masa*
*Tasa de entropía transferida dentro del sistema por calor*
*Tasa de entropía generada dentro del sistema*

Sistema Genérico                       Sistema Cerrado  
 Sistema en Estado Estable             Sistema Cerrado en Estado Estable

Los módulos de Segunda ley y Entropía introducen nuevos e importantes conceptos termodinámicos que deben quedar claros al estudiante para la comprensión de la ciencia de la termodinámica; el más importante de ellos consiste en que, además de tener en cuenta la cantidad de energía intercambiada por un sistema, es necesario comprender que no todas las cantidades de energía que entran al sistema o salen del mismo poseen la misma “calidad”. Es así como ya en la fase de diseño instruccional se hace énfasis en este concepto y se incorpora un módulo para los análisis de disponibilidad o de exergía; dichos análisis son de gran valor para conocer cuál es el grado de aprovechamiento de la energía en procesos reales y aplicaciones industriales, identificar los puntos en donde se está destruyendo disponibilidad y traducir todas las variables termodinámicas a variables financieras; se diserta sobre el análisis termoeconómico que es uno de los fundamentos para la toma de decisiones en la industria energética, y más específicamente en la industria de generación eléctrica.

Finalmente, como introducción al módulo Exergía, se analiza una situación cotidiana (una chimenea casera) para explicar de forma sencilla el concepto.

Después de definir el concepto de estado muerto y el concepto de irreversibilidad, se expone el principio de disminución de la exergía, que se acompaña con una animación que muestra algunos de los mecanismos de destrucción de exergía. El concepto de eficiencia de segunda ley se presenta con diagramas animados de energía y exergía para Motores térmicos, bombas de calor refrigeradoras y calefactoras. Para presentar el concepto de variación de exergía de sistemas abiertos y cerrados, los mecanismos de transferencia de exergía y el balance de exergía, se utilizó el objeto mencionado anteriormente, caracterizado por ilustrar diferentes escenarios, dependiendo del botón de selección que se encuentre activado. Este tipo de animación es de gran utilidad ya que permite ilustrar un amplio contenido conceptual en espacio reducido y sin saturación visual del usuario.

### **3.2 UBICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DIDÁCTICA TERMORED 2.0**

Los archivos que componen la Termoweb 2.0 se encuentran alojados en el servidor gavilán de la Universidad Industrial de Santander; se puede acceder a ella desde la siguiente ruta: ingresando al portal del profesor José Iván Hurtado, <http://gavilan.uis.edu.co/~ihurtado/>, se hace clic en la pestaña *docencia*, luego en Termodinámica 1 y, en la página, se busca el enlace Termoweb UIS dentro del *material de soporte*. Si no se desea realizar todo este proceso se puede ir directamente al siguiente enlace en la Internet:

<http://gavilan.uis.edu.co/~ihurtado/docencia/asignatura1/termoweb/index.html>

También se han colocado los archivos en un servidor de *hosting* gratuito para que, en caso de que el servidor de la universidad salga de servicio o presente fallas, se pueda acceder a la Termored. La dirección es

<http://termoweb.comyr.com/>; desde allí los estudiantes pueden observar los contenidos y realizar las actividades propuestas.

## CONCLUSIONES

- Se estableció una metodología basada en procesos para el diseño y desarrollo del objeto de aprendizaje.
- Se desarrolló un objeto de aprendizaje denominado Termored 2.0 que facilita, mediante presentación gráfica, la realización de actividades de autoformación y modelos teóricos del mundo real, el aprendizaje de los conceptos fundamentales de la Termodinámica clásica.

## **RECOMENDACIONES**

- Es importante que la herramienta Termored 2.0 sea evaluada en cada periodo académico por los estudiantes, con el propósito de retroalimentarla para su mejoramiento.
- Es conveniente emplear las TIC's como alternativa complementaria de la actividad convencional de instrucción en el aula en la asignatura Termodinámica II, que se ofrece a los estudiantes de ingeniería mecánica, y que propone un panorama muy atractivo de aplicaciones prácticas del orden didáctico.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. **Colombia Aprende. La red del conocimiento**, ¿Qué es un Objeto de Aprendizaje?, Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia. <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-99393.html>.
- [2]. **JONASSEN, D. H., PECK, K. L. & WILSON, B. G.**, Learning with technology: A Constructivist Perspective. Upper Sanddle, NJ: Merrill, Prentice Hall, 1999.
- [3]. **A.L. Ellis, E. D. Wagner, and W.R. LongMire**, Managing Web-Based Training, Alexandria, VA, 1999, ISBN 1562861158
- [4]. **MUÑOZ, Sergio Antonio**. Modelo Educativo Para El Aprendizaje de la Termodinámica apoyado en Redes de Información. Fase I, UIS, 2006
- [5]. **Y. A. Çengel and M. A. Boles**, Thermodynamics an Engineering Approach, 5th ed, McGraw-Hill, 2006.
- [6]. **RÍOS, Luis Guillermo y MUSTAFÁ, Yamal**. Primera ley de la termodinámica: Sistemas Físicos Cerrados. Trabajo elaborado por los profesores asistentes de la Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2006
- [7]. **SONNTAG, Richard E.; BORGNAKKE, Claus y VAN WYLEN, Gordon**. Fundamental of Thermodynamics. 6th Ed. New York: Jhon Wiley and Sons, 2003
- [8]. **SPAKOVSKY, Z. S.** Thermodynamics and Propulsion, Massachusetts Institute of Technology. Disponible en: <http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node6.html>.
- [9]. **SDUFS. Introduction to Macromedia Flash**. San Diego State University Faculty and Staff. Disponible en [http://www.rohan.sdsu.edu/~bats/PDF/FacStaff/WWW/flash\\_facstaff.pdf](http://www.rohan.sdsu.edu/~bats/PDF/FacStaff/WWW/flash_facstaff.pdf)