



Aprendizaje activo por medio de herramientas de cálculo computacional aplicado a la ingeniería Mecánica

Rodrigo Barraza, Universidad Técnica Federico Santa María, rodrigo.barraza@usm.cl

Mauricio Reyes-Valenzuela, Universidad Técnica Federico Santa María, mauricio.reyes@usm.cl

Mario Toledo, Universidad Técnica Federico Santa María, martio.toledo@usm.cl

Rodrigo Rozas, Universidad Técnica Federico Santa María, rodrigo.rozas@usm.cl

Pablo López, Universidad Técnica Federico Santa María, pablo.lopezl@sansano.usm.cl

RESUMEN

Los cursos que componen el plan de estudio de la carrera de Ingeniería Civil Mecánica contemplan la enseñanza de conceptos que permitan construir una base sólida y gradual para abordar sistemas de mayor complejidad, que se acerquen a la realidad profesional de la Ingeniería Mecánica. Resolver sistemas complejos muchas veces está limitado por un extenso trabajo matemático y no por un mayor dominio de los conceptos bases. En este proyecto se propone la implementación de herramientas de cálculo computacional en la impartición de las asignaturas y así permitir que los alumnos centren sus esfuerzos mayormente en la profundización de conceptos y análisis de sistemas, y eliminar el trabajo matemático rutinario que, una vez desarrollado inicialmente, se vuelve un proceso repetitivo carente de contenido. Esta integración se realiza en un contexto de enseñanza activa que fomenta el estudio personal y grupal, con énfasis en una comunicación efectiva entre los alumnos y dando instancias de retroalimentación y discusión de los contenidos. Los resultados obtenidos en el curso de Termodinámica Aplicada, impartido el primer semestre del año 2021, muestran que los alumnos terminaron el curso con un mayor dominio de los conceptos base de termodinámica y además valoran de forma positiva la metodología en cuanto a la incorporación del software y la posibilidad de poder gestionar de mejor manera su tiempo.

PALABRAS CLAVES: Active learning, Engineering software, Online tools.

INTRODUCCIÓN

Debido al contexto impuesto en un principio por el estallido social y luego por la pandemia la Universidad se ha visto forzada a dictar los cursos de las diferentes especialidades de manera online, lo que ha transformado drásticamente las condiciones en las que son llevadas a cabo las actividades académicas. De lo anterior nace la necesidad de implementar metodologías y herramientas que sean efectivas bajo estas circunstancias (y a su vez que sean compatibles con una modalidad tradicional) para entregar a los alumnos los contenidos, herramientas e información necesaria para llevar a cabo de buena manera su proceso de aprendizaje.

En el marco del estallido social, en la segunda parte del segundo semestre 2019, para el curso de Ingeniería Térmica (ramo de 4to año de Ing. Civil Mecánica). Dada la necesidad de transmitir los contenidos de forma efectiva se transformó la cátedra en una tutoría, donde se expusieron los contenidos bajo una dinámica de diálogo con los estudiantes, y se implementó como herramienta de cálculo y análisis un resolutor de ecuaciones, el software Engineering Equation Solver, EES [1] con una gran variedad de paquetes afines a los contenidos estudiados del curso.

INCORPORACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CÁLCULO COMPUTACIONAL

Para hacer frente a las condiciones forzadas por la pandemia y en base a la experiencia del segundo semestre del año 2019, en los cursos de termodinámica aplicada (MEC-210) y Equipos



y Máquinas Térmicas (MEC-378) dictados en el primer semestre del año 2020 por el departamento de Ingeniería Civil Mecánica de la Universidad se ha implementado una metodología basada en la enseñanza activa y la incorporación de un software específico como herramienta de cálculo para resolución de problemas y análisis de sistemas. En esta línea de desarrollo, Field aborda como el aprendizaje en ingeniería ha ido mutando desde su concepción tradicional, cátedras, hacia modelos educativos de carácter activo. Field ejemplifica la implementación en el área de la ingeniería térmica por medio de simulaciones virtuales y cursos basados en la realización de proyectos en equipo. Además, enfatiza en que la implementación de estas técnicas se ha hecho en conjunto con recursos multimedia y softwares específicos para mejorar la experiencia de los alumnos, ya sea para asistir en el diseño, realizar experiencias de laboratorio virtual e investigar los resultados de variar parámetros del sistema. En nuestra Universidad, hay experiencias exitosas en la implementación de técnicas activas de aprendizaje, tales como en los cursos de Física, donde los alumnos, agrupados en equipos de tres, deben trabajar para analizar las situaciones propuestas por una guía preparada de forma que conduzca a los alumnos a discutir, analizar y aplicar los contenidos del curso. El profesor y ayudante toman un rol de asistente en este proceso permitiendo que los alumnos cumplan la función de ser una fuente de conocimiento para sus compañeros por medio del diálogo, discusión y presentación del análisis realizado. Esto tiene grandes beneficios como facilitar la comunicación entre los alumnos, desarrollar habilidades sociales, generar una retroalimentación entre el profesor y los alumnos.

Recogiendo algunas experiencias de la literatura internacional como las presentadas por Field, Santiviago y Cazineros y la experiencia adquirida durante el segundo semestre del año 2019 y primer semestre del año 2020, se presenta como proyecto la confección de una metodología de aprendizaje activo que integra herramientas de cálculo computacional al concurso de Proyectos de Investigación Educativa en Ingeniería y Ciencia “Olivier Espinoza Aldunate” de la Universidad Técnica Federico Santa María. Luego de ser aceptado el proyecto comienza su desarrollo durante el segundo semestre del año 2020 y su implementación en el primer semestre del año 2021 en el curso de Termodinámica Aplicada.

La Termodinámica es una asignatura angular en la formación de un ingeniero mecánico, los principios de esta ciencia son el soporte en que se construyen varias asignaturas posteriores tales como Transferencia de calor, Ingeniería térmica, Equipos y máquinas térmicas, por lo que es de vital importancia que los estudiantes adquieran las competencias adecuadas. Analizar un sistema energético se basa en determinar los estados de sus componentes y como estos interactúan con la finalidad de plantear un modelo que describa correctamente la realidad y permita determinar los parámetros de interés de su funcionamiento. Luego, es necesario resolver los sistemas de ecuaciones involucrados, determinar valores de propiedades termodinámicas e iterar hasta alcanzar una solución. Con el enfoque convencional, gran parte del tiempo se invierte en el trabajo matemático extenso y se invierte poco tiempo en el análisis del sistema. De acuerdo con lo expuesto por Santiviago y Galeano, Field, y Cañizares y Faur, implementar una herramienta de cálculo como EES desarrollada para aplicaciones de Ingeniería Mecánica, permite dedicar la mayor parte del tiempo al estudio y análisis del sistema, así como las limitaciones de los modelos implementados. Una vez que se tiene dominio de la herramienta, el estudiante es capaz de abordar problemas de mayor complejidad, ya que no hay una barrera en la resolución matemática, y este avance en la complejidad permite una profundización en los fundamentos y principios conceptuales. Todo lo anterior se vincula con las competencias promovidas por el plan de estudio de Ingeniería Mecánica, sus contenidos programáticos y la metodología de enseñanza.



EES es una herramienta computacional que facilita la resolución de problemas en el área de la ingeniería mecánica, ya que, es un resolvidor de sistemas de ecuaciones lineales y no-lineales que consta de extensas librerías de funciones matemáticas, propiedades termodinámicas y ecuaciones relacionadas a los fenómenos de transferencia de calor y mecánica de fluidos. La implementación de EES en clases no parece ser un mayor problema debido a que posee una sintaxis muy simple e intuitiva a diferencia de otros programas utilizados para cálculos numéricos (como Matlab) tiene requerimientos menores en cuanto a hardware y una curva de aprendizaje mucho más corta, lo que lo vuelve una alternativa viable para los estudiantes. Esta curva de aprendizaje será apoyada con capsulas tutoriales aplicadas al uso de EES y a resolver problemas típicos de la termodinámica.

METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE ACTIVO INCORPORANDO HERRAMIENTAS DE CÁLCULO COMPUTACIONAL

Tradicionalmente en los cursos donde se implementa e implementará esta metodología, se componen de dos cátedras semanales, una ayudantía semanal y actividades de laboratorio que son realizadas a lo largo del semestre. La metodología desarrollada reemplaza una de estas cátedras por una cápsula, donde se presentan los contenidos a los alumnos semanalmente. La cápsula aborda la conceptualización teórica, aplicaciones y relaciones que gobiernan el análisis de sistemas termodinámicos de forma clara y concisa procurando ser atractiva para los alumnos en cuanto a los elementos audiovisuales utilizados y las aplicaciones que tienen los contenidos en el mundo de la ingeniería mecánica, en promedio estas tienen una duración de 45 minutos. Junto con la cápsula semanal, a los alumnos se les entrega una actividad, que consiste en un problema de final abierto cercano a la realidad de la práctica ingenieril, que tiene por finalidad que apliquen y discutan los contenidos presentados en la cápsula junto con un compañero. Esta actividad debe ser desarrollada en EES (del cual el Departamento de Ingeniería Mecánica posee licencia). Luego en la segunda cátedra, que se transforma en una tutoría, el profesor realiza una discusión guiada a cerca de la actividad con la finalidad de que los alumnos puedan exponer su análisis y dudas, el profesor interviene haciendo correcciones y respondiendo las consultas que tienen los alumnos luego de haber desarrollado la actividad propuesta. Es importante señalar que esta discusión tiene por finalidad también darles espacio a los alumnos para contestar y opinar acerca de lo expuesto por sus compañeros. Terminada esta primera parte, el profesor desarrolla un caso de estudio que se compone de una parte "a" que desarrolla en conjunto con los alumnos, y una parte "b" que los alumnos desarrollan en equipos. Por último, en la ayudantía se hace una revisión de los conceptos más relevantes, con la finalidad de aclarar dudas conceptuales, y se resuelven ejercicios en conjunto con los alumnos bajo una dinámica de preguntas que busca guiar y hacer participar a los alumnos en el análisis y solución de las situaciones propuestas. Por otro lado, para realizar las experiencias de laboratorio se utilizan recursos como el simulador virtual de Plantas Térmicas de Potencia, desarrollado por nuestro equipo con anterioridad [5], además de videos confeccionados por los apoyos académicos de laboratorio. Todo el material, tanto cápsulas, tutorías y ayudantías quedan a disposición de los alumnos en la plataforma del curso. Lo que tiene por finalidad permitirle al alumno gestionar su tiempo de mejor forma y evitar que los alumnos se pierdan estas instancias debido al contexto que estamos viviendo.

Tanto en el comienzo, como durante y a final de semestre se realizan actividades que tienen por finalidad evaluar la metodología. En la primera semana del semestre se realiza una prueba diagnóstica con el propósito de identificar el dominio de los contenidos de los cursos prerrequisitos. A mediados y final de semestre se realizan encuestas de satisfacción para que los alumnos puedan entregar su opinión y retroalimentar al profesor y ayudante con respecto a distintos aspectos de la metodología: cápsulas, tutorías, ayudantías e implementación del



software. Al final del semestre junto a la encuesta se libera una prueba de salida que deben rendir los alumnos donde se incorporan las preguntas del test diagnóstico, con la finalidad de identificar si existe un mayor dominio en conceptos base luego de pasar por el curso, y además se agregan preguntas de las distintas unidades temáticas de la asignatura.

Con la implementación de la metodología propuesta en este documento que incluye herramientas de aprendizaje activo y uso intensivo de herramientas computacionales (EES) se busca mejorar el aprendizaje de los contenidos de los cursos correspondientes a las ciencias de Ingeniería Mecánica a través de la implementación de herramientas computacionales de cálculo en términos de enseñanza activa. En este caso el uso de EES ayuda a disminuir el tiempo invertido del alumno en cálculos ineficientes “a mano” y focalizar en el análisis de problemas similares a los de la realidad ingenieril. La generación de contenidos aporta en asistir al estudiante en el estudio personal y dar flexibilidad al alumno para organizar sus tiempos de estudio de la asignatura. Las herramientas de aprendizaje activo fomentan el desarrollo de una comunicación efectiva entre los participantes del curso y una sinergia en el aprendizaje como grupo.

IMPLEMENTACIÓN TERMODINÁMICA APLICADA 2021-1

Para que la metodología sea exitosa es esencial el adecuado desarrollo de las actividades del curso, estas actividades se subdividen en cinco grupos:

- a) Pre-test y Post-test: El objetivo del pre-test es identificar el dominio de los contenidos de los cursos prerrequisitos que poseen los alumnos. El test seleccionado, desarrollado por Kamcharean, es un test diagnóstico de termodinámica de 15 preguntas de alternativas que abarcan las tres leyes de la termodinámica que se estudian en un curso general de termodinámica para ingeniería (Ley cero y primera y segunda ley). El test fue traducido al español. Cada pregunta se compone de dos partes: la pregunta en sí y cual fue el análisis que se hizo para llegar a la respuesta. Esto tiene por finalidad poder identificar si los conocimientos se basan en fundamentos científicos o en conceptos alternativos que pueden haber adquirido los estudiantes. El test vuelve a aplicarse al final del curso incorporando 15 preguntas que abarquen los tópicos del curso de Termodinámica Aplicada (ciclos de potencia, mezcla de gases y sistemas reactivos), estas preguntas utilizan el mismo formato del pre-test. El post-test tiene por finalidad observar la evolución de los alumnos en conceptos base de termodinámica, como también medir el aprendizaje de los contenidos del curso. Tanto para el test propuesto por Kamcharean como para las preguntas desarrolladas por el equipo, se realiza un estudio para ver si el test es válido o no, por lo que se hace un análisis de logros discriminados (donde acertaron y fallaron), estimación de la dificultad y discriminación de las preguntas y por último se analizan oportunidades de mejora. Para esto se utiliza la metodología planteada por Lafourcade, que propone separar en grupos los alumnos según los resultados que obtienen en el test. A continuación, se presentan la categorización de los valores de discriminación y dificultad propuestos por Lafourcade:



MB	Muy Buena	40%<
B	Buena	30% - 39%
R	Regular	20%-29%
D	Deficiente	<19%

Tabla N°1. Categorías para la discriminación.

MF	Muy fáciles	>85%
RF	Relativamente fáciles	50%-85%
RD	Relativamente difíciles	15%-50%
MD	Muy difíciles	0%-15%

Tabla N°2. Categorías para la dificultad.

En base a esto, el autor no recomienda preguntas que presenten una discriminación deficiente, ni tampoco preguntas muy fáciles o difíciles.

- b) Capsulas: El curso de Termodinámica Aplicada se compone de un total de 11 unidades temáticas. Para cada una de estas se genera una cápsula considerando tres criterios principales: Calidad de exposición, material audiovisual y contenido. El primer criterio engloba la entonación y fluidez del orador de la cápsula que es esencial para mantener la atención de los alumnos y facilitar la comprensión de los contenidos, para esto último es esencial que el guion claro, consecuente y conciso. El segundo criterio engloba la secuenciación de la información y que tan llamativa es la presentación, es fundamental que la cápsula incorpore elementos audiovisuales que ayuden a expresar las ideas que se desean transmitir y además que aporten a hacer la cápsula más amena y entretenida para el alumno. En el tercer criterio se engloba la incorporación de ejemplos cercanos a la realidad ingenieril y además que la cápsula este completa, en otras palabras, que contenga todos los contenidos correspondientes a la unidad. Debido a que ya existían cápsulas correspondientes al curso dictado en el primer semestre del año 2020, se comienza por revisar estas cápsulas y evaluarlas bajo los criterios nombrados anteriormente. A partir de la evaluación y los comentarios de las encuestas de satisfacción del año 2020 se toma la decisión de rehacer todas las presentaciones y volver a grabar las cápsulas.
- c) Casos de estudio tutorías, ayudantías y tareas: Para estas tres actividades se realiza una recopilación bibliográfica en busca de problemas adecuados para cada una de las actividades. Gracias a la incorporación del software EES, estos problemas pueden tener una complejidad mayor y además se pueden agregar apartados de análisis de sensibilidad u optimización, por ejemplo, que permiten al estudiante analizar y sacar conclusiones más allá de llegar a un resultado único. Por otro lado, se generan las pautas tanto de la resolución numérica como su presentación en forma de informe, para que el estudiante tenga una retroalimentación efectiva. Para esta versión del curso se crearon en total 8 casos de estudio para tareas y 11 para tutorías. Además, se crearon 12 ayudantías las cuales quedaron disponibles como material extra para versiones posteriores del curso.
- d) Laboratorios: La asignatura posee tres laboratorios. Uno de los laboratorios es una experiencia en realidad virtual (desarrollada anteriormente) que aborda la experiencia de



visitar y operar una planta térmica tipo Rankine de vapor. Esta experiencia es autocontenida, ya que posee un módulo de evaluación integrado, además se les solicita a los alumnos que antes de realizar la experiencia modelen la planta utilizando EES para prever lo que ocurrirá en la experiencia. Las dos experiencias restantes son presenciales en el laboratorio de Termo hidráulica y poseen un informe de laboratorio (tipo ensayo científico) en que se contempla además el análisis del sistema por medio del software EES con la finalidad de contrastar los resultados obtenidos en el laboratorio con los de una simulación. Para facilitar la educación a distancia, y además para permitirle a los alumnos revisitar la experiencia, estas son grabadas por los apoyos académicos del laboratorio.

- e) Tutorial de EES: Para que los alumnos se familiaricen, aprendan y reconozcan la utilidad de EES como herramienta de cálculo y análisis de sistemas termodinámicos se creó un tutorial que quedó a disposición en la plataforma del curso el primer día del semestre. En este tutorial se aborda un caso de estudio práctico de climatización donde se parte por presentar el software para luego describir el caso de estudio que consiste en determinar el consumo energético de un aire acondicionado en una oficina. Para mostrar como se utiliza el programa a medida que se desarrolla el problema se van explicando las distintas herramientas que ofrece EES desde lo más básico como lo es la sintaxis e ingreso de ecuaciones hasta como determinar propiedades termo físicas, graficar, crear tablas paramétricas, crear funciones, etc. Junto con este tutorial se deja a disposición de los alumnos el manual del software. Además, tanto en tutorías como ayudantías se desarrollan ejercicios utilizando el software con la finalidad de que los alumnos comprendan mejor el uso del software y puedan despejar sus dudas.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos para el test de termodinámica general desarrollado por Kamcharean se presentan a continuación:

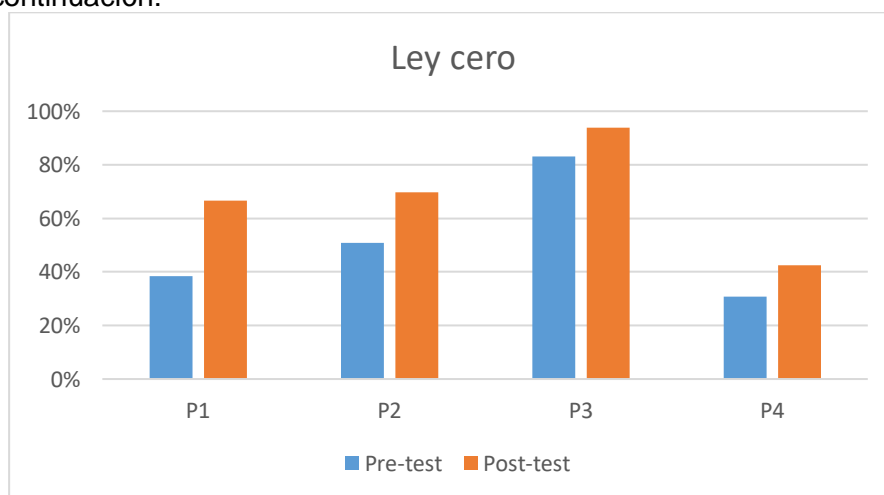


Figura N° 1. Resultados obtenidos en pre y post test para las preguntas relacionadas a la ley cero de la termodinámica.

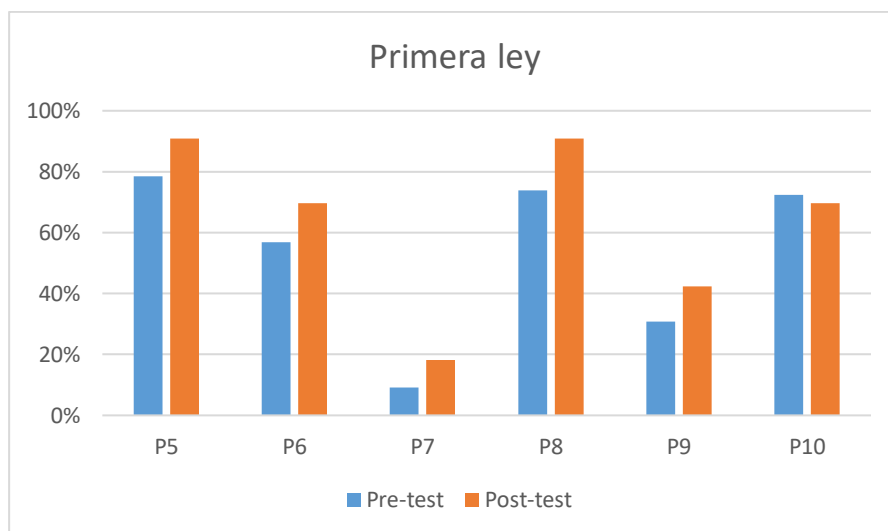


Figura N° 2. Resultados obtenidos en pre y post test para las preguntas relacionadas a la primera ley de la termodinámica.

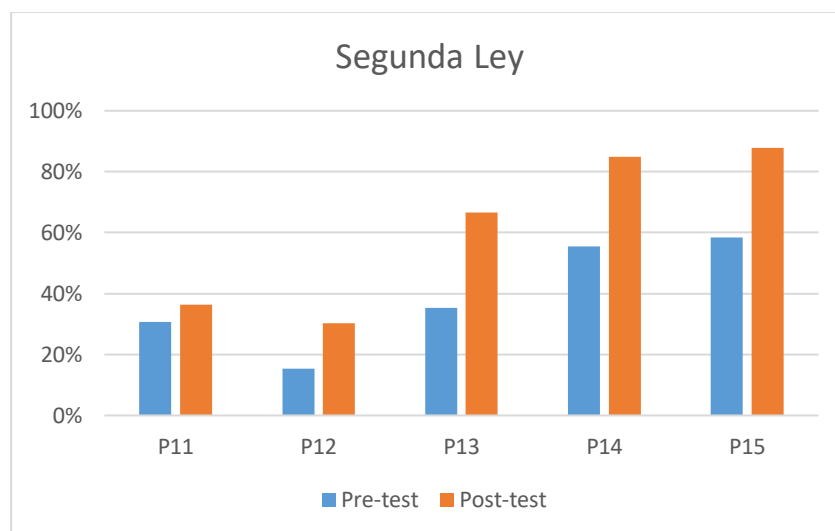


Figura N° 3. Resultados obtenidos en pre y post test para las preguntas relacionadas a la segunda ley de la termodinámica.

En la fig. 1 se observa que hay un incremento en todas las preguntas de las respuestas correctas. En promedio hay un incremento del 17% de respuestas correctas para este apartado del test. Mientras que en la fig. 2 se observa un incremento de respuestas correctas en todas las preguntas a excepción de la pregunta 10 donde disminuyeron las respuestas correctas en un 2%, en promedio hubo un incremento de un 10% de las respuestas correctas. Por último, en la fig. 3 se observa que aumentaron las respuestas correctas en todas las preguntas y en promedio este aumento fue de un 22%. Si bien estos contenidos no se ven de forma focalizada en el curso si son aplicados de forma continua en el curso y en base a los resultados obtenidos se observa un mayor dominio de conceptos básicos de termodinámica.

En base a los resultados obtenidos en el pre-test se obtienen los siguientes resultados para cada pregunta en cuanto a la discriminación y dificultad de las preguntas:



Pregunta	Discriminación		Dificultad	
1	28%	B	42%	RD
2	50%	MB	47%	RD
3	17%	R	86%	RF
4	50%	MB	31%	RD
5	22%	B	83%	RF
6	39%	MB	58%	RF
7	17%	MD	14%	MD
8	50%	MB	69%	RF
9	56%	MB	28%	RD
10	44%	B	67%	RF
11	39%	MB	36%	RD
12	28%	R	19%	RD
13	56%	MB	39%	RD
14	22%	R	44%	RD
15	67%	MB	61%	RF

Tabla N°3. Valores de discriminación y dificultad para cada pregunta.

En base a los resultados presentados en la tabla 3, la única pregunta que se encuentra fuera de los rangos propuestos por Lafourcade es la pregunta número 7 debido a su dificultad, por lo que esta debe ser sometida a revisión y evaluar si debe ser o no parte de versiones posteriores del test. Por otro lado, para las demás preguntas se aprecia que se cumple con los rangos de dificultad y discriminación, es en base a esto que los resultados del test se pueden considerar válidos y se puede afirmar que luego de cursar la asignatura los alumnos tienen un mayor dominio de los conceptos base de termodinámica.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos y el análisis de discriminación y dificultad para las preguntas del post-test que corresponden a los contenidos del curso de Termodinámica Aplicada:

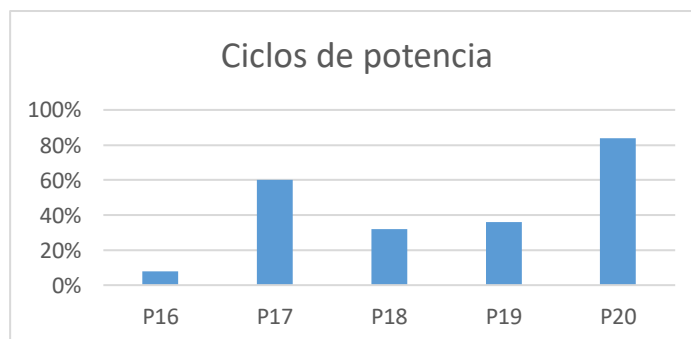


Figura N°4. Resultados obtenidos en el post-test para las preguntas relacionadas a la unidad de Ciclos de Potencia

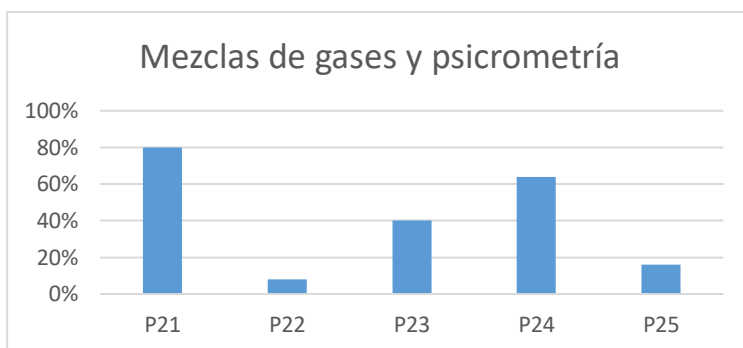


Figura N°5. Resultados obtenidos en el post-test para las preguntas relacionadas a la unidad de Mezclas de gases y psicrometría.

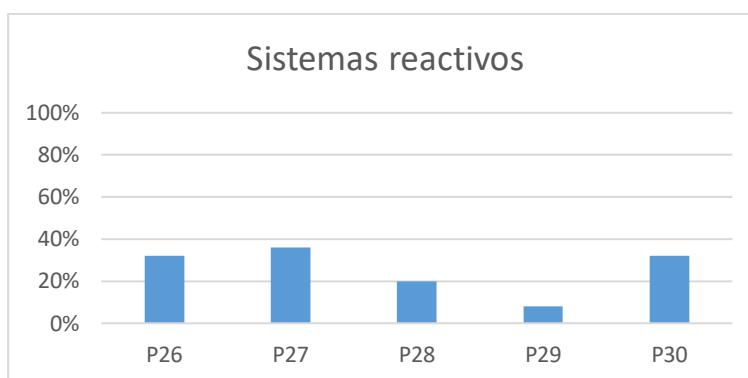


Figura N°6. Resultados obtenidos en el post-test para las preguntas relacionadas a la unidad de Sistemas Reactivos.

Pregunta	Discriminación		Dificultad	
	Discriminación	D	Dificultad	RD
16	11%	D	17%	RD
17	44%	MB	33%	RD
18	33%	B	17%	RD
19	56%	MB	50%	RF
20	67%	MB	67%	RF
21	78%	MB	39%	RD
22	11%	D	6%	MD
23	78%	MB	39%	RD
24	89%	MB	44%	RD
25	22%	R	11%	MD
26	56%	MB	28%	RD
27	11%	D	28%	RD
28	22%	R	11%	MD
29	11%	D	6%	MD
30	56%	MB	28%	RD

Tabla N°4. Valores de discriminación y dificultad para cada pregunta.



Los resultados obtenidos para las preguntas relacionadas a los tópicos de Termodinámica Aplicada no se pueden considerar como representativos del aprendizaje de los alumnos en el curso puesto que esta es la primera iteración en el desarrollo de las preguntas. Se puede observar en la fig. 4 que para la pregunta 16 el porcentaje de respuestas correctas es menor al 10%. Esto se repite en la fig. 5 para la pregunta 22 y en la fig. 6 en la pregunta 29. Además, se observa en la tabla 4 que hay 6 preguntas con dificultades menores al 20%, mientras que también hay preguntas con discriminaciones deficientes y regulares que son muy cercanas a ser deficientes. Es necesario analizar estos resultados y mejorar o reemplazar las preguntas que no cumplen con el criterio con la finalidad de poder validar el test y que sea una herramienta que permita medir el conocimiento de los alumnos al final del curso y por ende también la efectividad de la metodología.

En la encuesta de satisfacción realizada al final de semestre para conocer la opinión de los estudiantes a cerca de la metodología se obtuvieron los siguientes resultados:

- I. Capsulas: El 92% de los alumnos encuestados cataloga las cápsulas como comprensibles y útiles, un 71% considera que estas son interesantes. Respecto de la calidad de audio y video el 90% de los alumnos considera que la calidad es adecuada. El 82% considera que la exposición de los contenidos es alta y un 74% opina que la calidad del material audiovisual es buena.
- II. Tutoría: El 88% de los alumnos considera que las tutorías son comprensibles y útiles para entender el contenido del curso. El 97% de los alumnos siente que puede participar en la tutoría expresando sus dudas, un 90% siente que puede participar aportando a la resolución y análisis de las situaciones presentadas y un 79% opina que puede compartir su conocimiento con el curso.
- III. Metodología: Un 93% de los alumnos consultados le parece adecuado tener una sola cátedra (tutoría) por semana. El 87% de los alumnos cree que la metodología es adecuada para el contexto en el que se vive y que debería mantenerse a pesar de volver a la presencialidad.
- IV. Utilización de EES: El 100% de los alumnos considera que EES es una herramienta que facilita la resolución y análisis de sistemas termodinámicos. Mientras que el 97% cree que EES le permite disminuir el tiempo invertido en trabajo matemático rutinario y búsqueda de propiedades en tablas. El 97% piensa que EES le permite resolver y analizar problemas y sistemas más complejos que se asemejan más a la práctica. Un 91% de los alumnos encuestados considera que la utilización del software le permite comprender como afecta la variación de condiciones de operación del sistema a su comportamiento. El 91% opina que la tutoría ha sido un espacio donde han podido comprender de mejor manera como utilizar el software, un 87% opina lo mismo de la ayudantía. Por último, el 97% de los alumnos cree que debería extenderse el uso de EES a otras asignaturas del área.

Las respuestas de los alumnos muestran que la metodología les pareció adecuada bajo las condiciones impuestas por el contexto de pandemia, además se desprende de la encuesta que implementar herramientas de aprendizaje activo y cálculo computacional tiene un impacto positivo desde la perspectiva de los estudiantes tanto en la gestión y flexibilidad del tiempo que invierten en el ramo como también en la complejidad de los sistemas que pueden analizar utilizando un software como EES.

CONCLUSIONES

En contexto de pandemia, donde la educación a distancia se ha vuelto la norma, se desarrolla una metodología que busca transmitir de manera efectiva los conocimientos de las asignaturas relacionadas con termodinámica en la universidad. Para esto se incorpora el software EES al



curso, el cual se caracteriza por su simpleza y gran cantidad de herramientas afines a los cursos de termodinámica, con la finalidad de quitar la barrera impuesta por la matemática en el análisis de sistemas complejos y permitirle al estudiante centrarse en lo que se desea transmitir en la asignatura que es el análisis de sistemas en base a las leyes de la termodinámica. Además, se incorpora el software bajo una metodología de enseñanza activa donde la teoría se transmite por medio de cápsulas que abordan las distintas unidades temáticas del curso, con la finalidad de que el estudiante tenga una mayor flexibilidad y facilidad para gestionar su tiempo de estudio. Esto se complementa con una tutoría, donde se discuten los resultados obtenidos en las tareas semanales y además el profesor presenta un caso de estudio para resolver en conjunto con los alumnos.

Los resultados obtenidos en el pre y post test muestran que luego de cursar la asignatura de Termodinámica Aplicada con la metodología presentada hay un mayor dominio de los conceptos base de termodinámica. Además, los resultados obtenidos confirman que el test propuesto por Kamcharean es una herramienta adecuada para medir los conocimientos en termodinámica general de los alumnos y por ende puede continuar usándose para versiones posteriores del curso de Termodinámica Aplicada como diagnóstico. Por otro lado, se presentan los resultados de un test en desarrollo para medir los conocimientos de salida del curso, estos no son del todo satisfactorios y deberá hacerse una mejora o reemplazo de algunas de las preguntas formuladas. Por último, de la encuesta realizada a fin de semestre a los alumnos del curso se desprende que los estudiantes reconocen las ventajas que tiene la utilización de herramientas de cálculo computacional y aprendizaje activo, lo que es un indicador positivo para el desarrollo de la metodología. Por último, en base a los resultados obtenidos, se puede confirmar la hipótesis en la que se sustenta el proyecto: Es posible mejorar el dominio de los contenidos de ciencias básicas de la Ingeniería Mecánica a través del diseño de cursos que permitan una integración activa de herramientas computacionales de cálculo, ya que, estas permiten reducir los tiempos de búsqueda de información y focalizar la mayor parte del tiempo en los análisis. Además, el uso de EES permite abordar con relativa simplicidad problemas de mayor complejidad que acercan a los estudiantes a la resolución exitosa de problemas complejos similares a la realidad de las prácticas ingenieriles.

REFERENCIAS

- B.S. Field, Guided Inquiry Learning in a Thermodynamics Class, in: American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, 2012: pp. 187–192.
- C.A. Canizares, Z.T. Faur, Advantages and disadvantages of using various computer tools in electrical engineering courses, IEEE Transactions on Education. 40 (1997) 166–171.
- Klein, Sanford, Engineering Equation Solver (EES) for Microsoft Windows Operating System:, F-Chart Software, Madison, Wisconsin, 2018.
- Kamcharean, C, Wattanakasiwich, P. 2016. Development and Implication of a Two-tier Thermodynamic Diagnostic Test to Survey Students' Understanding in Thermal Physics, International Journal of Innovation n Science and Mathematics Education, 24(2), 14-36.
- Lafourcade, P. 1987. Evaluación de aprendizajes (6a). Bogotá: Cincel.
- MATLAB, version 7.10.0 (R2010a), The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, 2010.
- Santiviago, Claudia, Galeano, Michel, Implementación de EES para la resolución de problemas en la cátedra de termodinámica II, Centro de Estudios Virtuales de La Universidad Nacional de Asuncion. (2012).
- Toledo, Mario, Barraza, Rodrigo, Guinez, Cristian, Incorporación de simulador de realidad virtual en proceso formativo en la asignatura de Termodinámica, in: XXXII Congreso Nacional de Educación En Ingeniería (SOCHEDI), Talca, 2019.