

TERMOMECH: DESARROLLO DE UN RECURSO INTERACTIVO PARA FORTALECER  
EL APRENDIZAJE EN EL AULA VIRTUAL DE TERMODINÁMICA I

DIEGO ALEJANDRO DIAZ PEÑA  
LIVEN LAIR VESGA ARIAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2026

TERMOMECH: DESARROLLO DE UN RECURSO INTERACTIVO PARA FORTALECER  
EL APRENDIZAJE EN EL AULA VIRTUAL DE TERMODINÁMICA I

DIEGO ALEJANDRO PEÑA DIAZ  
LIVEN LAIR VESGA ARIAS

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director  
Pablo Silva Ortiz  
PhD. en Ciencias, Programa de Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2026

## DEDICATORIA

Deseamos dejar constancia de nuestro más genuino reconocimiento al PhD Pablo Silva Ortiz, cuya dirección trascendió lo meramente académico para convertirse en un acompañamiento riguroso y estratégico a lo largo de todo el proceso. Su criterio, siempre preciso, y su disposición constante para orientar con claridad y profundidad, marcaron un rumbo sólido en cada fase de este trabajo.

Extiendo igualmente mi gratitud a la Universidad Industrial de Santander, particularmente a la Escuela de Ingeniería Mecánica, cuna de mi formación profesional, por proveer no solo los recursos académicos necesarios, sino también un entorno intelectual propicio para la construcción de este proyecto.

Por último, mi agradecimiento a los estudiantes que hicieron parte del proceso de muestreo y evaluación del material desarrollado. Su entrega, disciplina y compromiso en la recolección de información no solo enriquecieron el estudio, sino que resultaron decisivos para alcanzar los objetivos propuestos y a nuestro amigo del alma Lucho.

Como todo buen maestro, su enseñanza no siempre fue evidente en el momento, pero con el tiempo adquiere un valor mucho mayor. Su legado queda no solo en este proyecto, sino en la manera de pensar, cuestionar y seguir aprendiendo. Algunos maestros se limitan a enseñar, otros trascienden; y este proceso deja claro a cuál grupo pertenece.

## AGRADECIMIENTOS

Diego Peña: Gracias a todos los que nunca han dejado de creer en mí; a mi familia, amigos y a las personas que me han visto crecer, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Los amo. A quienes están, por haberme sostenido, y a quienes ya no están, porque siempre los recuerdo con amor. Mi nona me inspiró a través de su jardín: las flores necesitan amor y cuidado, así como ella siempre lo hizo conmigo. Yo soy esa semilla; mi mami y mi nona fueron la tierra que me rodeó con amor y me protegió antes de salir al mundo, y al resto de personas que, con su amor, siempre me han regado para que pudiera crecer. A Meme, mi sol, quien me mostró el camino y guió mi rumbo desde que tengo memoria. A mi tía Estela, por ser mi otra madre, y a mi tío Luis, a quien veo como mi papá y modelo a seguir. A todos los que me han dado su amor para poder crecer; este logro es tanto mío como suyo. <3

Liven Vesga: A todas las personas que caminaron a mi lado durante este proceso de formación, mi gratitud más profunda; en especial, a mis padres, quienes son la fuerza que me impulsa a levantarme cada día y seguir adelante: a mi madre, por regalarme la enseñanza más valiosa, ser feliz sin importar las circunstancias, y a mi padre, por ser mi ejemplo a seguir y una guía constante en mi camino; a mis abuelos, por su compañía y sus oraciones, que han sido un apoyo silencioso pero firme; a mi hermana, por ser esa razón que me inspira a superarme y a construir un camino digno de ser seguido; y a mis amigos, con quienes descubrí que este recorrido no solo se trata de alcanzar metas, sino también de lo maravilloso que es compartir cada paso del proceso.

## CONTENIDO

	<i>pág.</i>
INTRODUCCIÓN.....	16
1. OBJETIVOS.....	20
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	20
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.3 ALCANCE.....	21
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	21
2. ESTADO DEL ARTE .....	23
2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	23
2.2 ANTECEDENTES NACIONALES .....	28
2.3 ANTECEDENTES REGIONALES .....	32
3. METODOLOGIA.....	37
3.1 DIAGNOSTICO INICIAL DEL CURSO .....	38
3.2 DISEÑO DE LA APLICACION MOVIL .....	41
3.3 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN MÓVIL.....	46
3.3.1 <i>Entorno de desarrollo de la aplicación móvil</i> .....	46
3.3.2 <i>Carga y gestión de termodinámicos</i> .....	46
3.3.3 <i>Motor de cálculo termodinámico</i> .....	47
3.3.4 <i>Métodos de interpolación</i> .....	48
3.3.5 <i>Determinación de la región termodinámica</i> .....	48
3.3.6 <i>Cálculo de propiedades termodinámicas</i> .....	48
3.3.7 <i>Manejo de errores y validaciones</i> .....	49
3.3.8 <i>Cálculo de la calidad (x)</i> .....	49
3.4 EVALUACIÓN .....	49

3.5 DISEÑO DE RECURSOS DIGITALES DE APOYO ACADÉMICO .....	50
3.5.1 <i>Definición de objetivos de aprendizaje</i> .....	50
3.5.2 <i>Estructuración de los contenidos temáticos</i> .....	51
3.5.3 <i>Diseño de los recursos interactivos en Genially</i> .....	52
3.5.4 <i>Elaboración del solucionario de ejercicios</i> .....	55
3.5.5 <i>Desarrollo de códigos en EES para la variación de datos de entrada</i> .....	57
3.6 IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN MÓVIL Y LA PLATAFORMA INTERACTIVA .....	59
3.6.1 <i>Configuración del entorno virtual en Moodle</i> .....	60
3.6.2 <i>Integración de recursos interactivos en Genially, solucionario de ejercicios y códigos en EES</i> .....	61
3.6.3 <i>Integración general del sistema en Moodle</i> .....	62
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	63
4.1 RESULTADOS DE LA APP .....	63
4.1.1 <i>Metodología de validación</i> .....	63
4.1.2 <i>Cálculo del error</i> .....	64
4.1.3 <i>Resultados de la validación</i> .....	65
4.1.4 <i>Análisis de resultados</i> .....	66
4.2 DISEÑO DE LA APLICACIÓN MÓVIL Y LA PLATAFORMA INTERACTIVA .....	67
4.2.1 <i>Arquitectura general del sistema</i> .....	67
4.2.2 <i>Estructura de la plataforma en Moodle</i> .....	67
4.2.3 <i>Diseño de interfaz y experiencia del usuario</i> .....	68
4.3 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN MÓVIL Y DE LOS RECURSOS INTERACTIVOS .....	69
4.3.1 <i>Puesta en marcha de la plataforma</i> .....	69
4.3.2 <i>Aplicación en el proceso de aprendizaje</i> .....	70
4.3.3 <i>Observaciones generales de la implementación</i> .....	71
4.3.4 <i>Comentarios Finales</i> .....	75

5. CONCLUSIONES.....	76
6. TRABAJOS FUTUROS .....	78
REFERENCIAS .....	80
ANEXOS .....	85

## LISTA DE FIGURAS

	<i>pág</i>
Figura 1. Metodología utilizada durante el trabajo de grado. ....	40
Figura 2. Pregunta numero 4 prueba diagnóstica. ....	42
Figura 3. Pregunta número 5 prueba diagnóstica. ....	44
Figura 4. Flujo general del proceso de cálculo en la aplicación. ....	45
Figura 5. Estructura de datos en formato JSON para propiedades termodinámicas. ....	46
Figura 6. Interfaz de la aplicación Termomec para el cálculo de propiedades y visualización de regiones termodinámicas. ....	48
Figura 7. Implementación del proceso de cálculo de propiedades termodinámicas en la aplicación Termomec. ....	50
Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de validación de la app. ....	53
Figura 9. Apartado visual de la plataforma interactiva. ....	55
Figura 10. Presentaciones interactivas de Genially. ....	57
Figura 11. Manual de uso de Termomec. ....	58

Figura 12. Solución de ejercicio en EES. ....	61
Figura 13. Programación de ejercicios basada en objetos. ....	62
Figura 14. Actividades realizadas en Ahaslides. ....	73
Figura 15. Resultado de las preguntas de uso. ....	75
Figura 16. Resultados de las preguntas 10 y 11 relacionadas con la satisfacción de los estudiantes. ....	77
Figura 17. Resultados de la pregunta 12 correspondiente a la retroalimentación de los estudiantes. ....	77

## LISTA DE ANEXOS

	<i>pág</i>
Anexo 1. Pregunta número 1 prueba diagnóstica.....	89
Anexo 2. Pregunta numero 2 prueba diagnóstica.....	89
Anexo 3. Pregunta numero 3 prueba diagnóstica.....	90
Anexo 4. Pregunta numero 4 prueba diagnóstica.....	90
Anexo 5. Pregunta número 6 prueba diagnóstica.....	91
Anexo 6. Pregunta número 7 prueba diagnóstica.....	91
Anexo 7. Pregunta número 8 prueba diagnóstica.....	92
Anexo 8. Estructura de navegación de la aplicación mediante pestañas.....	92
Anexo 9. Estructura de datos en formato JSON para propiedades termodinámicas (Parte 1).....	93
Anexo 10. Estructura de datos en formato JSON para propiedades termodinámicas (Parte 2).....	94
Anexo 11. Función de cálculo e implementación del motor termodinámico en la aplicación Termomec (Parte 1).....	95

Anexo 12. Función de cálculo e implementación del motor termodinámico en la aplicación Termomec (Parte 2). .....	96
Anexo 13. Implementación del método de interpolación bilineal en el cálculo de propiedades termodinámicas. ....	97
Anexo 14. Implementación del método de interpolación bilineal en el cálculo de propiedades termodinámicas. ....	98
Anexo 15. Algoritmo de búsqueda en malla e interpolación de propiedades termodinámicas en función de presión y temperatura. ....	99
Anexo 16. Estructura de datos en formato JSON para propiedades termodinámicas. ....	100
Anexo 17. Implementación de la función principal de cálculo y validación en la aplicación Termomec. ....	100
Anexo 18. Implementación de la interfaz de usuario para el ingreso de variables termodinámicas en la aplicación Termomec. ....	101
Anexo 19. Implementación de la visualización de propiedades termodinámicas en estado saturado en la aplicación Termomec. ....	102
Anexo 20. Implementación del campo de entrada de presión en la interfaz de la aplicación Termomec. ....	103
Anexo 21. Estructura de almacenamiento de propiedades termodinámicas del R134a en formato JSON. ....	104

Anexo 22. Datos tabulados de propiedades termodinámicas del R134a almacenados en formato JSON.....	105
Anexo 23. Datos tabulados de propiedades termodinámicas del R134a almacenados en formato JSON.....	106
Anexo 24. Método de resolución del motor termodinámico en función de las variables de entrada.....	107
Anexo 25. Implementación del método de interpolación lineal para el cálculo de propiedades termodinámicas.....	107
Anexo 26. Implementación de interpolación en tablas de saturación en función de la temperatura.....	108
Anexo 27. Implementación del método de interpolación bilineal para el cálculo de propiedades termodinámicas.....	109
Anexo 28. Implementación del método de interpolación bilineal.....	110
Anexo 29. Implementación del método de interpolación bilineal.....	111
Anexo 30. Implementación de la visualización de propiedades termodinámicas en estado saturado en la aplicación Termomec.....	111
Anexo 31. Implementación de la visualización de propiedades termodinámicas en estado saturado en la aplicación Termomec.....	112
Anexo 32. Validación de entradas y ejecución del cálculo de propiedades termodinámicas en la aplicación Termomec.....	113

Anexo 33. Integración del formulario de entrada y bloque de visualización de rangos en la interfaz de la aplicación Termomec. ....	114
Anexo 34. Implementación de la presentación de propiedades de líquido, vapor y cambio de fase en estado saturado.....	115
Anexo 35. Visualización de resultados según la región termodinámica. ....	116
Anexo 36. Visualización de resultados según la región termodinámica. ....	117
Anexo 37. Implementación de la función de interpolación lineal utilizada en el motor de cálculo termodinámico.....	118
Anexo 38. Validación de entrada y control de errores en la aplicación.....	118
Anexo 39. Implementación del cálculo de la calidad (x) y entalpía en mezclas saturadas. ....	119
Anexo 40. Contenido temático de la materia de Termodinámica I.....	120
Anexo 41. Temas tratados en cada módulo.....	120
Anexo 42. Definiciones amigables en las presentaciones.....	121
Anexo 43. Tarjetas interactivas en las presentaciones en Genially. ....	121
Anexo 44. Imágenes presentes en las diapositivas de Genially. ....	122
Anexo 45. PDF del solucionario.....	122
Anexo 46. Carpeta de Google Drive de solucionarios. ....	123

Anexo 47. Temario de Termomec. ....	123
Anexo 48. Demostración de donde salen los datos de las tablas termodinámicas. ....	124
Anexo 49. Comentarios explicativos de color verde. ....	124
Anexo 50. Diapositiva de división entre el solucionario y los códigos en EES. ....	125
Anexo 51. Diapositiva con botón interactivo de Google Drive. ....	125
Anexo 52. Carpeta de Google Drive con los ejercicios en EES. ....	126
Anexo 53. Pestaña de Termomec en el Moodle. ....	126
Anexo 54. Código de iframe pegado en el apartado de HTML. ....	127
Anexo 55. Carpeta de Google Drive con solucionarios. ....	127
Anexo 56. Carpetas de EES para cada módulo. ....	128
Anexo 57. Pestaña de Termomec en Moodle. ....	128
Anexo 58. Encabezado utilizado en la encuesta. ....	129
Anexo 59. Preguntas de uso de la plataforma. ....	129
Anexo 60. Preguntas de facilidad de uso de la plataforma interactiva. ....	130
Anexo 61. Preguntas de utilidad para el aprendizaje. ....	131

Anexo 62. Preguntas de satisfacción general. ....	132
Anexo 63. Resultado de la pregunta 3 sobre facilidad de uso. ....	133
Anexo 64. Resultado de la pregunta 4 sobre facilidad de uso. ....	134
Anexo 65. Resultado de la pregunta 5 sobre facilidad de uso. ....	135
Anexo 66. Resultado de la pregunta 6 sobre utilidad para el aprendizaje. ....	136
Anexo 67. Resultado de la pregunta 7 sobre utilidad para el aprendizaje. ....	137
Anexo 68. Resultado de la pregunta 8 sobre utilidad para el aprendizaje. ....	138
Anexo 69. Resultado de la pregunta 9 sobre utilidad para el aprendizaje. ....	138

## GLOSARIO

**APLICACIÓN MÓVIL:** es un programa informático diseñado para ejecutarse en dispositivos móviles como teléfonos inteligentes o tabletas, y que cumple funciones específicas para el usuario.

**EQUILIBRIO TÉRMICO:** se denomina equilibrio térmico al estado en el que dos o más cuerpos, sistemas o sustancias que interactúan entre sí alcanzan la misma temperatura. En esta condición no existe transferencia neta de calor entre ellos, ya que todos se encuentran a un mismo nivel térmico, por lo que las propiedades macroscópicas relacionadas con la temperatura permanecen constantes en el tiempo.

**ESTADO TERMODINÁMICO:** conjunto de propiedades (presión, volumen, temperatura, energía interna, entalpía, entropía, entre otras) que describen completamente las condiciones de un sistema en un momento dado<sup>1</sup>.

**GAMIFICACIÓN:** es una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional con el fin de conseguir mejores resultados, ya sea para absorber mejor algunos conocimientos, mejorar alguna habilidad, o bien recompensar acciones concretas, entre otros muchos objetivos<sup>2</sup>.

**MATERIAL DIDÁCTICO INTERACTIVO:** un recurso educativo digital se refiere a herramientas y contenidos que utilizan la tecnología para facilitar el aprendizaje. Son

---

<sup>1</sup> ÇENGEL, Yunus A. y BOLES, Michael A. *Termodinámica: un enfoque ingenieril*. 8 ed. México: McGraw-Hill, 2019.

<sup>2</sup> KAPP, Karl M. *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

materiales didácticos que tienen como objetivo principal apoyar y enriquecer el proceso educativo en un entorno digital<sup>3</sup>.

**PROPIEDADES TERMODINÁMICAS:** magnitudes medibles que caracterizan el estado de un sistema y permiten realizar análisis energéticos. Entre ellas se destacan la presión, la temperatura, el volumen específico, la entalpía y la entropía<sup>4</sup>.

**SUSTANCIA PURA:** material con composición uniforme y propiedades definidas, que puede presentarse en una o varias fases. Para este proyecto se consideran principalmente el agua (H<sub>2</sub>O) y el refrigerante R134a, ampliamente utilizados en procesos de ingeniería térmica<sup>5</sup>.

**TERMODINÁMICA:** rama de la física que estudia la relación entre calor, trabajo, energía y las propiedades de los sistemas, con base en leyes fundamentales que permiten analizar procesos de conversión y transferencia energética<sup>6</sup>.

---

<sup>3</sup> UNESCO. *Tecnologías de la información y la comunicación en educación*. París: UNESCO, 2019.

<sup>4</sup> ÇENGEL, Yunus A. y BOLES, Michael A. *Termodinámica: un enfoque ingenieril*. 8 ed. México: McGraw-Hill, 2019.

<sup>5</sup> ÇENGEL, Yunus A. y BOLES, Michael A. *Termodinámica: un enfoque ingenieril*. 8 ed. México: McGraw-Hill, 2019.

<sup>6</sup> ÇENGEL, Yunus A. y BOLES, Michael A. *Termodinámica: un enfoque ingenieril*. 8 ed. México: McGraw-Hill, 2019.

## RESUMEN

**TÍTULO:** TERMOMECA: DESARROLLO DE UN RECURSO INTERACTIVO PARA FORTALECER EL APRENDIZAJE EN EL AULA VIRTUAL DE TERMODINÁMICA I

**AUTOR:** DIEGO ALEJANDRO PEÑA DIAZ Y LIVEN LAIR VESGA ARIAS

**PALABRAS CLAVE:** APLICACIÓN MÓVIL, TERMODINÁMICA, GENIALLY, INTERACTIVO, ESTADOS TERMODINÁMICOS.

**DESCRIPCIÓN:** El presente trabajo de grado tuvo como propósito el desarrollo e implementación de una herramienta de apoyo al aprendizaje en la asignatura de Termodinámica I, mediante la integración de una aplicación móvil, recursos interactivos en Genially y su organización en la plataforma Moodle. La propuesta surgió a partir de la identificación de dificultades en la interpretación de tablas termodinámicas y en la aplicación de los conceptos en ejercicios, así como del interés de los estudiantes por el uso de herramientas digitales. En el componente técnico, la aplicación fue validada mediante la comparación de sus resultados con datos de referencia, obteniendo un error promedio de 0,05694 %, con valores inferiores al 0,12 % en todos los casos, lo que evidencia la confiabilidad de los métodos de interpolación utilizados. En el componente pedagógico, la herramienta evidenció una alta aceptación, con valoraciones superiores a 4 sobre 5 en facilidad de uso y utilidad, así como un 95,7 % de recomendación, además de un incremento en el tiempo de estudio y una mejor comprensión de los conceptos. En conjunto, los resultados indican que la integración de estos recursos constituye un apoyo efectivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la termodinámica.

---

\*Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomécanicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Ingeniería Mecánica. Director: Pablo Silva Ortiz. PhD. en Ciencias, Programa de Ingeniería Mecánica

## ABSTRACT

**TITLE:** TERMOMECA: DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE RESOURCE TO ENHANCE LEARNING IN THE VIRTUAL CLASSROOM OF THERMODYNAMICS I.

**AUTHOR:** DIEGO ALEJANDRO PEÑA DIAZ AND LIVEN LAIR VESGA ARIAS

**KEY WORDS:** MOBILE APPLICATION, THERMODYNAMICS, GENIALLY, INTERACTIVE, THERMODYNAMIC STATES

**DESCRIPTION:** This undergraduate thesis aimed to develop and implement a learning support tool for the Thermodynamics I course by integrating a mobile application, interactive resources created in Genially, and organizing them within the Moodle platform. The proposal emerged from the identification of difficulties in interpreting thermodynamic tables and applying concepts to problem-solving, as well as from students' interest in using digital tools. From a technical perspective, the application was validated by comparing its results with reference data, yielding an average error of 0.05694% and values below 0.12% in all cases, demonstrating the reliability of the interpolation methods used. From a pedagogical perspective, the tool was well received, with ratings above 4 out of 5 for ease of use and usefulness, a 95.7% recommendation rate, and increased study time and improved understanding of concepts. Overall, the results indicate that integrating these resources provides effective support for the teaching and learning of thermodynamics.

---

\*Degree work

\*\*Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Mechanical Engineering. Advisor: Pablo Silva Ortiz, PhD. in Science, Mechanical Engineering Program

## INTRODUCCIÓN

En la formación en ingeniería, el uso de herramientas digitales como apoyo al aprendizaje se ha incrementado de manera notable durante los últimos años<sup>7</sup>. Las aplicaciones móviles han ampliado las posibilidades de acceso a información técnica y a recursos de consulta, permitiendo que los estudiantes interactúen con contenidos especializados desde dispositivos portátiles<sup>8</sup>. En asignaturas con alto componente analítico, como la Termodinámica, estas herramientas pueden complementar los métodos tradicionales de enseñanza y facilitar la comprensión de conceptos asociados al comportamiento de sistemas físicos.<sup>9</sup>

Dentro de este campo, se han desarrollado diversas aplicaciones destinadas a consultar tablas de propiedades de sustancias puras y a realizar cálculos relacionados con procesos termodinámicos. Estas herramientas permiten determinar estados termodinámicos a partir de variables como presión, temperatura o volumen específico, proporcionando resultados de forma inmediata<sup>10</sup>. Sin embargo, en muchos casos su funcionamiento se limita a presentar información en formato digital similar al de las tablas impresas empleadas tradicionalmente en los cursos de termodinámica. En consecuencia, su utilidad se orienta principalmente a la obtención de datos, mientras que el componente pedagógico relacionado con la comprensión de los fenómenos físicos recibe menor atención.

---

<sup>7</sup> PRINCE, Michael. Does active learning work? A review of the research. En: *Journal of Engineering Education*. 2004, vol. 93, no. 3, p. 223–231

<sup>8</sup> ALRASHEEDI, Mohammed; CAPRETZ, Luiz Fernando y RAZA, Arif. A systematic review of the critical factors for success of mobile learning in higher education. En: *Journal of Educational Computing Research*. 2015, vol. 52, no. 2, p. 257–276

<sup>9</sup> ÇENGEL, Yunus A. y BOLES, Michael A. *Thermodynamics: An engineering approach*. 8 ed. New York: McGraw-Hill, 2015

<sup>10</sup> MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N.; BOETTNER, Daisie D. y BAILEY, Margaret B. *Fundamentals of engineering thermodynamics*. 9 ed. Hoboken: Wiley, 2018.

La literatura muestra que el uso de recursos digitales interactivos puede contribuir a mejorar la comprensión de los conceptos termodinámicos cuando estos permiten visualizar la relación entre las variables del sistema.<sup>11</sup> Un ejemplo de ello es el trabajo desarrollado por Bakrania (2016) en la Rowan University, en el cual se empleó la aplicación móvil Clausius como herramienta de apoyo en la enseñanza de propiedades termodinámicas. La aplicación permitía explorar gráficamente las relaciones entre presión, volumen y temperatura, además de consultar tablas de propiedades. Según los resultados reportados, los estudiantes mostraron mayor motivación y una mejor comprensión de los temas cuando podían observar en tiempo real la variación de las propiedades, lo que llevó a concluir que las aplicaciones móviles interactivas pueden desempeñar un papel relevante en el aprendizaje de la termodinámica.

En el ámbito nacional también se han desarrollado propuestas orientadas a la utilización de aplicaciones móviles en el proceso educativo. Forero, López y Romero (2018), en un trabajo realizado en la Pontificia Universidad Javeriana, diseñaron una aplicación móvil con elementos de gamificación para apoyar la enseñanza de la asignatura de Optimización en estudiantes de Ingeniería Industrial. La herramienta incorporó actividades interactivas y mecanismos de retroalimentación para el usuario. Durante su evaluación, los estudiantes manifestaron una alta aceptación de la aplicación y destacaron su utilidad para comprender los contenidos de la asignatura, lo cual sugiere que la integración de estrategias digitales puede favorecer el aprendizaje en materias de carácter técnico.

A nivel regional, la Universidad Industrial de Santander ha desarrollado diversas iniciativas orientadas a la incorporación de recursos digitales en la enseñanza de la termodinámica. Palomino e Ibarra (2004) llevaron a cabo la reestructuración de un material educativo computarizado para la asignatura de Termodinámica Química I,

---

<sup>11</sup> FELDER, Richard M. y BRENT, Rebecca. *Teaching and learning STEM: A practical guide*. San Francisco: Jossey-Bass, 2016.

incorporando módulos temáticos, gráficos interactivos y bases de datos de propiedades termodinámicas. El rediseño del sistema permitió mejorar la interacción con los contenidos y facilitar la navegación dentro del material educativo. Más recientemente, Pereira (2025) desarrolló recursos interactivos en la plataforma Genially para apoyar la asignatura de Termodinámica I en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la misma universidad. Este material incluyó ejercicios, trivias y actividades orientadas a reforzar la comprensión de temas complejos del curso. En la prueba piloto realizada con estudiantes, todos los participantes consideraron que el recurso representaba un complemento útil para el estudio y recomendaron su implementación como apoyo académico.

A pesar de estos antecedentes, en el proceso de enseñanza de la termodinámica aún se observa una limitada integración de herramientas que combinen simultáneamente el cálculo de propiedades termodinámicas, la visualización de procesos y el desarrollo de actividades interactivas orientadas al aprendizaje. Muchas de las aplicaciones disponibles funcionan principalmente como instrumentos de consulta técnica y no incorporan elementos pedagógicos que faciliten la comprensión conceptual de las propiedades de las sustancias puras ni espacios que permitan a los estudiantes practicar el análisis de sistemas termodinámicos.

Esta situación plantea la necesidad de desarrollar recursos digitales que integren herramientas de cálculo confiables con componentes didácticos orientados al aprendizaje. El uso adecuado de tecnologías de la información y la comunicación puede contribuir a generar entornos educativos más dinámicos, permitiendo a los estudiantes explorar las propiedades termodinámicas, analizar diferentes procesos y fortalecer la comprensión de los principios fundamentales de la asignatura”<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> UNESCO. *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. París: UNESCO Publishing, 2021.

En este contexto surge el interés de diseñar una herramienta digital que combine el cálculo de propiedades termodinámicas con recursos interactivos orientados al aprendizaje. De esta manera, los estudiantes podrían consultar información técnica, resolver ejercicios y reforzar la comprensión de los conceptos relacionados con las sustancias puras y los procesos termodinámicos dentro de la línea de termofluidos.

*¿Puede una aplicación móvil, complementada con un recurso interactivo, facilitar el aprendizaje de las propiedades termodinámicas de las sustancias puras en estudiantes de ingeniería dentro de la línea de termofluidos?*

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar una aplicación móvil para sistemas Android complementada con un recurso interactivo en Genially, que permita calcular, verificar y comprender las propiedades termodinámicas de las sustancias puras, así como visualizar procesos y dispositivos asociados a la línea de termofluidos. La herramienta estará disponible a través de un curso en la plataforma Moodle, facilitando su acceso, uso académico y validación pedagógica por parte de los estudiantes.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar y clasificar las principales sustancias puras, fases y estados termodinámicos con base en los principios fundamentales de la Termodinámica, haciendo énfasis en agua ( $H_2O$ ) y refrigerante (R134a), tomando como referencia bibliografías actualizadas que sustenten la descripción de los dispositivos y procesos termodinámicos relacionados.
2. Desarrollar una aplicación móvil que facilite la comprensión de las propiedades termodinámicas en los cursos de la línea de Termofluidos, complementada con módulos interactivos en Genially y referenciada en la plataforma Moodle, donde los estudiantes podrán acceder a la información organizada por secciones.

3. Validar los resultados obtenidos por la aplicación móvil de cálculo de propiedades termodinámicas mediante la comparación con tablas y referencias termodinámicas estándar, garantizando la precisión y confiabilidad de los datos.
4. Evaluar la experiencia de uso y la utilidad de la aplicación y del recurso Genially como herramientas de apoyo al aprendizaje, mediante pruebas piloto con estudiantes y profesionales en el curso disponible en Moodle.

### **1.3 ALCANCE**

Se busca reforzar los conocimientos desarrollados en la materia de Termodinámica I de los estudiantes de la escuela de ingeniería mecánica de la universidad industrial de Santander con el fin de tener una mayor comprensión en las materias posteriores como Termodinámica II, Transferencia de calor y Sistemas térmicos.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

*“La educación actual atraviesa un proceso de transformación continua impulsado por los avances tecnológicos, que modifican la forma en que las personas acceden, procesan y aplican el conocimiento.”*<sup>13</sup> En este contexto, la enseñanza de la termodinámica enfrenta el reto de integrar nuevas herramientas que faciliten la comprensión de sus conceptos,

---

<sup>13</sup> UNESCO. *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. París: UNESCO Publishing, 2021

tradicionalmente abordados a través de métodos teóricos y tablas de consulta impresas.<sup>14</sup>  
p. 10-15.

Hace aproximadamente treinta años, las primeras ediciones del libro *Termodinámica: un enfoque de ingeniería* de Yunus Çengel y Michael Boles sentaron las bases del aprendizaje moderno en esta área, constituyéndose en una referencia esencial para estudiantes y profesionales. Sin embargo, la evolución de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) permite hoy trasladar ese conocimiento a entornos digitales que promueven una experiencia de aprendizaje más dinámica, práctica e interactiva.<sup>15</sup>

En respuesta a esta realidad, se plantea el desarrollo de una aplicación móvil orientada al cálculo y consulta de propiedades termodinámicas basadas en bibliografía estándar. Esta herramienta busca ofrecer resultados confiables y de fácil acceso, optimizar el tiempo de estudio y reducir las dificultades asociadas al uso de tablas tradicionales.<sup>16</sup> Así, se pretende fortalecer la comprensión de los principios fundamentales y contribuir a un aprendizaje más autónomo y significativo, alineado con las exigencias de la educación en la era digital.

---

<sup>14</sup> ÇENGEL, Yunus A. y BOLES, Michael A. *Thermodynamics: An engineering approach*. 8 ed. New York: McGraw-Hill, 2015.

<sup>15</sup> ALRASHEEDI, Mohammed; CAPRETZ, Luiz Fernando y RAZA, Arif. A systematic review of the critical factors for success of mobile learning in higher education. En: *Journal of Educational Computing Research*. 2015, vol. 52, no. 2, p. 257–276.

<sup>16</sup> MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N.; BOETTNER, Daisie D. y BAILEY, Margaret B. *Fundamentals of engineering thermodynamics*. 9 ed. Hoboken: Wiley, 2018.

## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

El estudio titulado “*Gamification in thermal engineering: Does it encourage learning?*”, tuvo como propósito analizar el impacto de la gamificación en el aprendizaje de estudiantes en cursos de ingeniería térmica; para ello, se implementaron estrategias basadas en dinámicas de juego dentro del proceso de enseñanza, con el fin de incrementar la motivación y el compromiso de los estudiantes. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron una mayor participación y lograron una mejor comprensión de los conceptos al involucrarse activamente en las actividades propuestas; en consecuencia, se concluyó que el uso de la gamificación constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en áreas relacionadas con la ingeniería térmica (Suárez-López et al., 2023)<sup>17</sup>.

En el contexto del uso de herramientas digitales para la enseñanza de la termodinámica, “*Exploring Thermodynamic Properties with Clausius App*”, en la Rowan University (USA) en el año 2016, tuvo como objetivo introducir a los estudiantes de ingeniería en el manejo de las propiedades termodinámicas mediante el uso de la aplicación móvil “Clausius”, diseñada para iPad; esta herramienta permitió explorar de manera gráfica las relaciones entre variables como *presión*, *volumen* y *temperatura*, además de consultar tablas de propiedades de sustancias. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron una mayor motivación y lograron una mejor comprensión al visualizar en tiempo real las variaciones de las propiedades termodinámicas; en consecuencia, se concluyó que el

---

<sup>17</sup> SUÁREZ-LÓPEZ, María José; BLANCO-MARIGORTA, Ana María y GUTIÉRREZ-TRASHORRAS, Antonio José. Gamification in thermal engineering: Does it encourage motivation and learning? En: *Education for Chemical Engineers*. 2023, vol. 45, p. 41–51.

uso de aplicaciones móviles interactivas constituye un recurso eficaz para reforzar la enseñanza y el aprendizaje en termodinámica (Bakrania, 2016)<sup>18</sup>.

A partir del análisis de tendencias en educación en ingeniería, el trabajo de investigación titulado “*Mobile learning in engineering education: A systematic review*”, desarrollado por A. Alrasheedi y colaboradores en el año 2021, tuvo como objetivo evaluar el uso del aprendizaje móvil y su impacto en el proceso formativo de los estudiantes; para ello, la investigación se fundamentó en una revisión sistemática de diversos estudios relacionados con la implementación de dispositivos móviles como herramientas de apoyo en el aprendizaje. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron mayor flexibilidad en el acceso a los contenidos y lograron una mejor comprensión de los temas al utilizar aplicaciones interactivas en su proceso de estudio; en consecuencia, se concluyó que el aprendizaje móvil constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en la educación en ingeniería (Alrasheedi et al., 2021)<sup>19</sup>.

En el marco de la incorporación de tecnologías emergentes en la educación en ingeniería, el trabajo de investigación titulado “*Artificial intelligence in engineering education: A systematic review*”, desarrollado por J. Zhang y colaboradores en el año 2025, tuvo como objetivo analizar la implementación de la inteligencia artificial y su influencia en el proceso de aprendizaje de los estudiantes; para ello, la investigación se basó en la revisión de diferentes estudios relacionados con el uso de herramientas inteligentes como apoyo en la enseñanza en contextos académicos. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron una mayor personalización en su proceso de aprendizaje y lograron una mejor comprensión de los contenidos al interactuar con sistemas basados en inteligencia artificial; en consecuencia, se concluyó que el uso de estas tecnologías constituye un

---

<sup>18</sup> BAKRANIA, Smitesh y CARRIG, Austin. *Touching Water: Exploring Thermodynamic Properties with Clausius App*. Rowan University, 26 de junio de 2016.

<sup>19</sup> CASERTA, Sergio; TOMAIUOLO, Giovanna y GUIDO, Stefano. *Use of a smartphone-based student response system in large active-learning chemical engineering thermodynamics classrooms*. En: *Education for Chemical Engineers*. Vol. 36, 2021, p. 46–52

recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en la educación en ingeniería (Zhang et al., 2025)<sup>20</sup>.

Dentro de las estrategias pedagógicas orientadas al aprendizaje activo en ingeniería, el trabajo de investigación titulado “*Enhancing engineering education through simulation-based learning*”, desarrollado por R. Kumar y colaboradores en el año 2024, tuvo como objetivo analizar el uso de simulaciones como herramienta de apoyo en la enseñanza y su impacto en el aprendizaje de los estudiantes; para ello, la investigación se centró en la implementación de entornos simulados que permiten representar fenómenos y procesos complejos de manera interactiva. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron una mayor comprensión de los conceptos y lograron mejorar su desempeño académico al interactuar con simulaciones durante su proceso de aprendizaje; en consecuencia, se concluyó que el uso de simulaciones constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en áreas de la ingeniería (Kumar et al., 2024)<sup>21</sup>.

En relación con la integración de tecnologías digitales en los procesos formativos, el trabajo de investigación titulado “*Digital tools in engineering education: Improving learning outcomes through technology*”, desarrollado por L. Chen y colaboradores en el año 2025, tuvo como objetivo analizar el uso de herramientas digitales en la educación en ingeniería y su impacto en el aprendizaje de los estudiantes; para ello, la investigación se centró en la implementación de diferentes recursos tecnológicos como apoyo en los procesos de enseñanza, permitiendo la creación de un entorno de aprendizaje más interactivo y dinámico. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron un mayor

---

<sup>20</sup> FERREIRA TOLEDO, Gabriel y PIOLI VIEIRA, Ronierik. *Combining card games and laboratory practice to teach polymer reaction engineering to undergraduate students*. En: *Education for Chemical Engineers*. Vol. 54, 2026, p. 100496.

<sup>21</sup> LIU, RunZe; BENITEZ, Jose; ZHANG, Lin; SHAO, Zhen y MI, JiaNing. *Exploring the influence of gamification-enabled customer experience on continuance intention towards digital platforms for e-government: An empirical investigation*. 2024.

compromiso y lograron una mejor comprensión de los contenidos al utilizar herramientas digitales durante su proceso formativo; en consecuencia, se concluyó que el uso de tecnologías digitales constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en la educación en ingeniería (Chen et al., 2025)<sup>22</sup>.

En el ámbito de la educación en ingeniería, el trabajo de investigación titulado “*Interactive learning environments in engineering education: Impact on student performance*”, desarrollado por D. Ahmed y colaboradores en el año 2025, tuvo como objetivo analizar el impacto de los entornos de aprendizaje interactivos en el desempeño académico de los estudiantes; para ello, la investigación se centró en la implementación de herramientas digitales que promueven la participación y el aprendizaje dinámico dentro del aula. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron un mayor interés y lograron una mejor comprensión de los contenidos al interactuar con estos entornos durante su proceso de formación; en consecuencia, se concluyó que el uso de entornos de aprendizaje interactivos constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en la educación en ingeniería (Ahmed et al., 2025)<sup>23</sup>.

En el contexto de la transformación digital en la educación superior, el trabajo de investigación titulado “*Digital transformation in engineering education: Trends and challenges*”, desarrollado por H. Singh y colaboradores en el año 2025, tuvo como objetivo analizar las tendencias y desafíos asociados a la incorporación de tecnologías digitales en la formación en ingeniería; para ello, la investigación se centró en el estudio del uso de tecnologías emergentes como herramientas de apoyo en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron una mayor adaptabilidad y lograron una mejor comprensión de los contenidos al

---

<sup>22</sup> GONG, Xiaochen y YE, Shihua. *Not just the game: The impact of structural gamification on charitable donations*. 2025.

<sup>23</sup> RONAGHI, M. H. *How does gamification affect smart city education?* En: *Asian Education and Development Studies*. Vol. 15, No. 2, 2026, p. 447–463.

interactuar con entornos digitales innovadores durante su proceso formativo; en consecuencia, se concluyó que la transformación digital constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en la educación en ingeniería (Singh et al., 2025)<sup>24</sup>.

Considerando el avance de las tecnologías emergentes en el ámbito educativo, el trabajo de investigación titulado “*Emerging technologies in engineering education: Enhancing student learning experiences*”, desarrollado por K. Patel y colaboradores en el año 2026, tuvo como objetivo analizar el uso de estas tecnologías en la educación en ingeniería y su influencia en la experiencia de aprendizaje de los estudiantes; para ello, la investigación se centró en la implementación de herramientas tecnológicas innovadoras que facilitan la interacción y el acceso a los contenidos académicos. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron una mayor participación y lograron una mejor comprensión de los conceptos al utilizar estas tecnologías durante su proceso formativo; en consecuencia, se concluyó que el uso de tecnologías emergentes constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en la educación en ingeniería (Patel et al., 2026)<sup>25</sup>.

En relación con el uso de tecnologías educativas en la formación en ingeniería, el trabajo de investigación titulado “*Educational technologies in engineering: Effects on student engagement and learning outcomes*”, desarrollado por P. García y colaboradores en el año 2025, tuvo como objetivo analizar el impacto de estas herramientas en el compromiso y el aprendizaje de los estudiantes; para ello, la investigación se centró en la implementación de diferentes recursos digitales como apoyo en el proceso de enseñanza, promoviendo entornos de aprendizaje más interactivos. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron una mayor motivación y lograron una mejor

---

<sup>24</sup> GRIGORE, Petru-Iulian y TURCU, Corneliu Octavian. *Evaluating the impact of virtual reality on student engagement and conceptual understanding in engineering education*. 2025.

<sup>25</sup> HARYADI, Rudi; PUJIASTUTI, Heni y UTOMO, Dhafid Wahyu. *Interactive visualization of thermodynamic concepts through augmented reality to improve critical thinking*. 2026.

comprensión de los contenidos al utilizar estas tecnologías durante su proceso formativo; en consecuencia, se concluyó que el uso de tecnologías educativas constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en la educación en ingeniería (García et al., 2025)<sup>26</sup>.

Como parte del análisis de los avances recientes en educación en ingeniería, el trabajo de investigación titulado *“Technology-enhanced learning in engineering education: A review of recent developments”*, desarrollado por J. Li y colaboradores en el año 2023, tuvo como objetivo analizar el uso de tecnologías educativas en la enseñanza de la ingeniería y su impacto en el aprendizaje de los estudiantes; para ello, la investigación se centró en la revisión de diferentes herramientas tecnológicas implementadas en entornos académicos con el fin de fortalecer los procesos formativos. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron un mayor compromiso y lograron una mejor comprensión de los contenidos al interactuar con estas tecnologías durante su proceso de aprendizaje; en consecuencia, se concluyó que el uso de tecnologías educativas constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en la educación en ingeniería (Li et al., 2023)<sup>27</sup>.

## 2.2 ANTECEDENTES NACIONALES

En el contexto de la integración de tecnologías en el ámbito educativo colombiano, *“Análisis de la relación entre educación y tecnología”*, desarrollado por J. C. Herrera-Pérez en el año 2022, tuvo como objetivo analizar la relación existente entre el uso de tecnologías y los procesos educativos en Colombia; para ello, la investigación se centró en la incorporación de herramientas digitales en el aula como apoyo al aprendizaje. Los

---

<sup>26</sup> BICHLER, Sarah; GERARD, Libby; RIORDAN, Brian; LIM-BREITBART, Jonathan y LINN, Marcia C. *Creating and testing adaptive guidance for thermodynamics classroom instruction*. 2025.

<sup>27</sup> XING, Wanli; HUANG, Xudong; LI, Chenglu y XIE, Charles. *Teaching thermodynamics with augmented interaction and learning analytics*. 2023.

resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron un mayor acceso a la información y lograron una mejor comprensión de los contenidos al utilizar recursos tecnológicos durante su proceso formativo; en consecuencia, se concluyó que el uso de tecnologías constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en el contexto educativo colombiano (Herrera-Pérez, 2022)<sup>28</sup>.

En el marco del análisis histórico de la incorporación de tecnologías en la educación colombiana, el trabajo de investigación titulado “*Las TIC y la educación en Colombia durante la década de los noventa*”, tuvo como objetivo analizar la integración de las tecnologías de la información y la comunicación en el sistema educativo; para ello, la investigación se centró en el impacto de estas herramientas en los procesos de enseñanza. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron cambios en sus dinámicas de aprendizaje y lograron una mejor apropiación de los contenidos mediante el uso de tecnologías; en consecuencia, se concluyó que las TIC constituyen un recurso eficaz para fortalecer la educación en Colombia (Mosquera, 2012)<sup>29</sup>.

Desde la perspectiva de los estudios de ciencia, tecnología y sociedad, el trabajo de investigación titulado “*Aportes de los estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) a la formación en ingeniería*”, analizó la influencia del enfoque CTS en la formación de ingenieros en Colombia; para ello, la investigación se centró en la integración de aspectos tecnológicos y sociales en el proceso educativo. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron un mayor pensamiento crítico y lograron una mejor comprensión

---

<sup>28</sup> HERRERA-PÉREZ, J. C. y OCHOA-LONDOÑO, E. D. *Análisis de la relación entre educación y tecnología*. En: *Cultura Educación y Sociedad*. Vol. 13, No. 2, 2022, p. 47–68.

<sup>29</sup> PARRA MOSQUERA, Carlos Andrés. *Las TIC y la educación en Colombia durante la década del noventa: alianzas y reacomodaciones entre el campo de las políticas educativas, el campo académico y el campo empresarial*. En: *Revista Educación y Pedagogía*. Medellín: Universidad de Antioquia, vol. 24, núm. 62, enero-abril, 2012, p. 173–189.

del contexto tecnológico; en consecuencia, se concluyó que este enfoque constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza en ingeniería (Becerra, 2022)<sup>30</sup>.

En el contexto del desarrollo de habilidades tecnológicas en la educación superior, “*Competencias digitales en estudiantes universitarios de ingeniería en Colombia*”, desarrollado por A. G. Torres en el año 2024, tuvo como objetivo evaluar el nivel de competencias digitales en estudiantes de ingeniería; para ello, la investigación se centró en el uso de herramientas tecnológicas dentro del proceso formativo. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron un nivel intermedio en el manejo de tecnologías y lograron mejorar su aprendizaje mediante su uso; en consecuencia, se concluyó que el desarrollo de competencias digitales es fundamental para fortalecer la educación en ingeniería (Torres, 2024)<sup>31</sup>.

Desde una perspectiva histórica de la educación tecnológica en Colombia, el trabajo de investigación titulado “El camino histórico de la educación tecnológica en Colombia”, tuvo como objetivo analizar la evolución de este campo en el país; para ello, la investigación se centró en los factores que han influido en su desarrollo. Los resultados evidenciaron la existencia de dificultades en la implementación de modelos tecnológicos en el aula; en consecuencia, se concluyó que es necesario fortalecer la infraestructura educativa con el fin de mejorar los procesos de aprendizaje (Cárdenas, 2012)<sup>32</sup>.

---

<sup>30</sup> RAMALLO, Milena; REPETTO, Elida Clara; GAYOSO, María Celia y GIACOMINO, Rosa. *Ingeniería y sociedad: aportes de los estudios CTS a la formación de los ingenieros*. En: *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*. Buenos Aires: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), vol. 14, núm. 41, 2019, p. 197–214.

<sup>31</sup> GONZÁLEZ TORRES, A.; RAMÍREZ CASTAÑEDA, I. A. y BRAUER AGUILAR, M. S. *Competencias digitales en estudiantes de ingeniería: Análisis del uso y percepción de herramientas tecnológicas*. En: *Revista Eduweb* [en línea]. Vol. 18, núm. 3, 30 de septiembre de 2024, p. 66–87.

<sup>32</sup> CÁRDENAS SALGADO, Enrique. *El camino histórico de la educación tecnológica en los sistemas educativos de algunos países del mundo y su influencia en la educación tecnológica en Colombia*. 2012.

En el ámbito de la formación tecnológica en programas de ingeniería, el trabajo de investigación titulado “*Tecnología, ingeniería y ciclos de formación*”, tuvo como objetivo analizar la formación tecnológica en este tipo de programas en Colombia; para ello, la investigación se centró en la relación entre el currículo y el desarrollo tecnológico. Los resultados evidenciaron la importancia de integrar herramientas tecnológicas en los procesos educativos; en consecuencia, se concluyó que su implementación contribuye a mejorar la calidad del aprendizaje en ingeniería (Jirón, 2014)<sup>33</sup>.

En el marco del enfoque STEM aplicado a la educación en ingeniería, el recurso educativo titulado “Ingeniería STEM”, publicado por la plataforma Twinkl, tuvo como objetivo promover el aprendizaje de conceptos de ingeniería mediante actividades prácticas orientadas a este enfoque; para ello, el material se centró en el desarrollo de habilidades como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la aplicación de conceptos científicos en contextos reales. Los resultados evidencian que este tipo de recursos favorece la participación activa de los estudiantes y contribuye a una mejor comprensión de los contenidos al integrar teoría y práctica; en consecuencia, se concluye que el uso de recursos educativos basados en el enfoque STEM constituye una estrategia eficaz para fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje en áreas de ingeniería (Twinkl, s.f.)<sup>34</sup>. En el contexto de las políticas públicas orientadas al fortalecimiento de competencias digitales, la iniciativa “Colombia Programa”, desarrollada por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), tuvo como objetivo promover el desarrollo de habilidades en programación y fortalecer las competencias tecnológicas en la población colombiana; para ello, el programa se centró en la formación de ciudadanos en áreas relacionadas con tecnología, innovación y desarrollo de software, facilitando el acceso a contenidos educativos digitales. Los resultados evidenciaron que los participantes lograron mejorar sus habilidades tecnológicas y aumentar su interés por

---

<sup>33</sup> JIRÓN, M. *Tecnología, ingeniería y ciclos de formación*. En: *Tecnura* [en línea]. Vol. 18, núm. 40, 1 de abril de 2014, p. 71–88.

<sup>34</sup> TWINKL. *Twinkl: recursos educativos digitales*. [en línea]. Disponible en: <https://www.twinkl.com.co/>

áreas de ingeniería y desarrollo digital; en consecuencia, se concluyó que este tipo de iniciativas constituye una estrategia eficaz para fortalecer la educación tecnológica y el aprendizaje en contextos de innovación (MinTIC, 2022)<sup>35</sup>.

En el marco de la innovación educativa mediada por tecnologías digitales, la iniciativa denominada “Laboratorio de Innovación Educativa”, desarrollada por el programa Computadores para Educar en el año 2023, tuvo como objetivo promover el uso de tecnologías digitales en los procesos de enseñanza y aprendizaje en instituciones educativas colombianas; para ello, el programa se centró en la implementación de estrategias innovadoras apoyadas en herramientas tecnológicas, con el fin de fortalecer las competencias digitales de docentes y estudiantes. Los resultados evidenciaron que los participantes presentaron una mayor apropiación de las tecnologías y lograron mejorar sus procesos de aprendizaje mediante el uso de recursos digitales; en consecuencia, se concluyó que este tipo de iniciativas constituye una estrategia eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en el contexto educativo colombiano (Computadores para Educar, 2023)<sup>36</sup>.

## 2.3 ANTECEDENTES REGIONALES

Como antecedente específico en el área de la termodinámica, el trabajo de investigación titulado “Desarrollo de Recurso Interactivo en Genially para el Apoyo Académico en Termodinámica I en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS”, desarrollado por J. A. Pereira Arias en la Universidad Industrial de Santander en el año 2025, tuvo como

---

<sup>35</sup> MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (MINTIC). *Colombia Programa*. [en línea]. Disponible en: <https://mintic.gov.co/colombiaprograma/847/w3-propertyvalue-1000095.html>

<sup>36</sup> COMPUTADORES PARA EDUCAR. *Laboratorio de innovación educativa*. [en línea]. Disponible en: <https://www.computadoresparaeducar.gov.co/publicaciones/5652/laboratorio-de-innovacion-educativa/>

objetivo diseñar una herramienta interactiva que facilitara el aprendizaje de los conceptos fundamentales de la termodinámica en estudiantes de ingeniería; para ello, la investigación se centró en la identificación de las principales dificultades de los estudiantes en temas como la primera ley de la termodinámica y su aplicación en sistemas abiertos y cerrados, para posteriormente desarrollar un recurso digital en la plataforma Genially con enfoque de gamificación. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron una mayor comprensión de los contenidos y lograron mejorar su proceso de estudio al utilizar la herramienta interactiva, la cual fue bien recibida durante su implementación piloto; en consecuencia, se concluyó que el uso de recursos digitales interactivos constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en termodinámica (Pereira Arias, 2025)<sup>37</sup>.

Como antecedente relevante en la incorporación de tecnologías en la enseñanza de la termodinámica, el trabajo de investigación titulado “Modelo educativo para el aprendizaje de la termodinámica apoyado en redes de información: fase I”, desarrollado por S. A. Muñoz Pinzón en la Universidad Industrial de Santander en el año 2007, tuvo como objetivo diseñar un modelo educativo que facilitara el aprendizaje de esta área mediante el uso de tecnologías de la información y la comunicación; para ello, la investigación se centró en la implementación de herramientas digitales como apoyo en el proceso de enseñanza, integrando recursos multimedia y entornos interactivos para el estudio de los conceptos fundamentales de la termodinámica. Los resultados evidenciaron que los estudiantes lograron una mejor comprensión de los contenidos y fortalecieron su proceso de aprendizaje al interactuar con estas herramientas tecnológicas; en consecuencia, se concluyó que el uso de tecnologías de la información constituye un recurso eficaz para

---

<sup>37</sup> PEREIRA ARIAS, Jesús. *Desarrollo de recurso interactivo en Genially para el apoyo académico en Termodinámica I en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS*. Bucaramanga, 2025. Trabajo de grado.

fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en el área de la termodinámica (Muñoz Pinzón, 2007)<sup>38</sup>.

Como aporte reciente en el uso de entornos virtuales para la enseñanza de la termodinámica, el trabajo de investigación titulado “*Diseño e implementación de un curso virtual autoformativo (MOOC) como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los efectos térmicos en la asignatura de Termodinámica I en la Universidad Industrial de Santander*”, desarrollado por L. E. Figueroa Méndez y J. Ortiz Barrientos en el año 2025, tuvo como objetivo diseñar e implementar un curso virtual autoformativo como apoyo al aprendizaje de los efectos térmicos en estudiantes de ingeniería; para ello, la investigación se centró en el desarrollo de un MOOC con contenido interactivo y multimedia en la plataforma Moodle, incorporando elementos de gamificación para mejorar la motivación y el compromiso de los estudiantes. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron una participación activa y lograron mejorar su desempeño académico, lo cual valida la efectividad del curso en el proceso de aprendizaje; en consecuencia, se concluyó que el uso de entornos virtuales constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en la asignatura de termodinámica (Figueroa Méndez y Ortiz Barrientos, 2025)<sup>39</sup>.

En el ámbito del desarrollo de materiales educativos computacionales para la enseñanza de la termodinámica, el trabajo de investigación titulado “*Reestructuración del material educativo computacional MEC para termodinámica química I*”, tuvo como objetivo evaluar y rediseñar un material educativo computacional con el fin de mejorar la enseñanza de la termodinámica química en estudiantes de ingeniería; para ello, la investigación se centró

---

<sup>38</sup> MUÑOZ PINZÓN, Sergio Antonio. *Modelo educativo para el aprendizaje de la termodinámica apoyado en redes de información. Fase I*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2007.

<sup>39</sup> FIGUEROA MÉNDEZ, Luis Enrique y ORTIZ BARRIENTOS, Jhony. *Diseño e implementación de un curso virtual autoformativo (MOOC) como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los efectos térmicos en la asignatura de Termodinámica I en la Universidad Industrial de Santander*. Bucaramanga, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Ingeniería Química, 2025.

en el análisis de la herramienta existente desde una perspectiva conceptual y computacional, con el propósito de identificar sus limitaciones y proponer una nueva versión más funcional e interactiva. Los resultados evidenciaron que el material desarrollado permitió organizar los contenidos en módulos estructurados e incorporar elementos multimedia como animaciones, gráficos y herramientas de apoyo al aprendizaje; en consecuencia, se concluyó que el uso de materiales educativos computacionales constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en el área de la termodinámica (Palomino Caballero e Ibarra Prado, 2004)<sup>40</sup>.

En el contexto de la aplicación de metodologías activas en la enseñanza de la termodinámica, el trabajo de investigación titulado “*Gamificación como Metodología de Enseñanza Híbrida para la Asignatura Termodinámica I del Programa de Ingeniería Química*”, tuvo como objetivo diseñar e implementar una herramienta de gamificación para fortalecer el proceso de aprendizaje en dicha asignatura; para ello, la investigación se centró en el desarrollo de un entorno virtual en la plataforma Moodle que integrara elementos de aprendizaje híbrido y tecnologías de la información y la comunicación, incorporando mecánicas de juego para mejorar la motivación y participación de los estudiantes. Los resultados evidenciaron que los estudiantes presentaron una respuesta positiva frente a la herramienta y lograron una mejor comprensión de los contenidos, con altos niveles de aceptación durante su implementación; en consecuencia, se concluyó que el uso de la gamificación constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en el área de la termodinámica (Fuentes Vidal y Ríos Aguilar, 2024)<sup>41</sup>.

---

<sup>40</sup> PALOMINO CABALLERO, Eduard Augusto y IBARRA PRADO, Francis Guillermo. *Reestructuración del material educativo computarizado para Termodinámica Química I*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, 2004.

<sup>41</sup> FUENTES VIDAL, Tania Alexandra y RÍOS AGUILAR, Laura Camila. *Gamificación como metodología de enseñanza híbrida para la asignatura Termodinámica I del programa de Ingeniería Química*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Química, 2024.

Como aporte al desarrollo de recursos educativos multimedia en la enseñanza de la termodinámica, el trabajo de investigación titulado *“Tutorial multimedia educativo de termodinámica clásica aplicada a la ingeniería mecánica”*, desarrollado por C. L. Garzón Arenas y W. O. Lamus Sierra en la Universidad Industrial de Santander en el año 2006, tuvo como objetivo desarrollar un recurso multimedia que facilitara el aprendizaje de los conceptos fundamentales de esta área en estudiantes de ingeniería mecánica; para ello, la investigación se centró en el diseño de un tutorial interactivo que integrara texto, imágenes, animaciones y sonido, permitiendo la visualización y comprensión de los diferentes procesos termodinámicos. Los resultados evidenciaron que el recurso permitió mejorar la comprensión de los contenidos y ofrecer una alternativa metodológica basada en la interactividad y el aprendizaje autónomo; en consecuencia, se concluyó que el uso de herramientas multimedia constituye un recurso eficaz para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en el área de la termodinámica (Garzón Arenas y Lamus Sierra, 2006)<sup>42</sup>.

---

<sup>42</sup> GARZÓN ARENAS, Cesar Leonel y LAMUS SIERRA, Wilmer Octavio. *Tutorial multimedia educativo de termodinámica clásica aplicada a la ingeniería mecánica*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2006.

### 3. METODOLOGIA

En el presente proyecto se desarrolló la aplicación móvil Termomec, orientada a apoyar el aprendizaje de la termodinámica en estudiantes de ingeniería. La herramienta permite la consulta de propiedades termodinámicas a partir de variables como presión y temperatura, incorporando algoritmos de interpolación para obtener resultados precisos. Además, incluye recursos educativos como la visualización de fases y ventanas emergentes que proporcionan definiciones más amigables de las propiedades, facilitando la comprensión de los conceptos.

El desarrollo se realizó utilizando Flutter en el entorno de Android Studio<sup>43</sup>, con gestión de datos mediante archivos JSON, lo que permite un funcionamiento eficiente sin conexión a internet. A continuación, se presenta la metodología empleada, estructurada en las fases de diagnóstico, diseño, implementación y evaluación (Figura 1).

Figura 1. Metodología utilizada durante el trabajo de grado.



<sup>43</sup> ANDROID DEVELOPERS. Android Studio [en línea]. Disponible en:

<https://developer.android.com/studio?hl=es-419>

### 3.1 DIAGNOSTICO INICIAL DEL CURSO

Con el propósito de identificar las principales dificultades en el aprendizaje de la asignatura de Termodinámica, se aplicó una encuesta diagnóstica a estudiantes de ingeniería, utilizando una escala tipo *Likert* de cinco niveles. A continuación, encontrará una serie de afirmaciones relacionadas con su experiencia y percepción frente a la asignatura de Termodinámica. Para cada una, seleccione la opción que mejor represente su nivel de acuerdo, utilizando la siguiente escala:

*1 = Totalmente en desacuerdo, 2 = En desacuerdo, 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 = De acuerdo y 5 = Totalmente de acuerdo.*

El análisis de las respuestas permitió identificar tendencias claras en relación con la comprensión conceptual, la aplicación práctica y la percepción general de la asignatura. En cuanto a la comprensión conceptual, se observa que la mayoría de los estudiantes presenta una percepción moderada a alta de entendimiento. Aproximadamente entre un 60% y 75% de los encuestados se ubican en niveles de acuerdo respecto a la afirmación, lo que indica que existe una base teórica aceptable, aunque no completamente consolidada (Anexo 1).

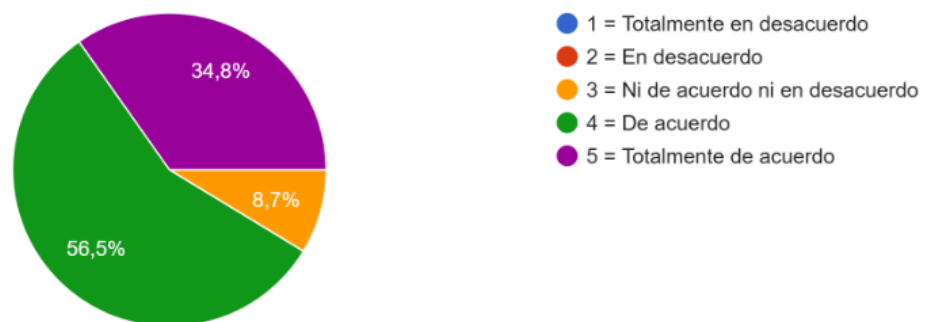
Por otra parte, al analizar la seguridad en la resolución de problemas, se evidencia una disminución frente a la comprensión teórica. Se estima que alrededor del 50% al 65% de los estudiantes se sienten seguros al resolver ejercicios, según la afirmación (“*Me siento seguro al resolver problemas numéricos relacionados con propiedades termodinámicas*”), mientras que un porcentaje significativo se mantiene en posiciones neutras o de desacuerdo. Esto evidencia una brecha entre el conocimiento conceptual y su aplicación práctica. Uno de los hallazgos más relevantes se relaciona con la interpretación de tablas termodinámicas (Anexo 2). Los resultados muestran que aproximadamente entre un 55% y 70% de los estudiantes manifiestan dificultades en este aspecto (“*Tengo dificultades para interpretar tablas y datos termodinámicos*”) (Anexo 3), lo que confirma que el manejo de tablas constituye una de las principales barreras de aprendizaje.

En relación con los recursos tradicionales de enseñanza, se evidencia que no son considerados completamente suficientes por una parte importante de los estudiantes. Aproximadamente entre un 30% y 20% no están totalmente de acuerdo con su suficiencia (“Considero que los recursos tradicionales (clase magistral, libro guía) son suficientes para comprender la asignatura”) (Anexo 4), lo que sugiere la necesidad de estrategias complementarias de aprendizaje.

De manera consistente, se identifica una alta demanda de apoyo tecnológico. Entre un 60% y 35% de los encuestados manifiestan estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con la necesidad de herramientas digitales adicionales (Figura 2) (“Necesito herramientas digitales adicionales para reforzar mi aprendizaje en termodinámica”), evidenciando una tendencia clara hacia el uso de tecnologías como apoyo académico.

Figura 2. Pregunta numero 4 prueba diagnóstica.

Necesito herramientas digitales adicionales para reforzar mi aprendizaje en termodinámica.  
23 respuestas



Asimismo, se observa una aceptación aún mayor hacia el uso de aplicaciones móviles e interfaces interactivas, con valores cercanos al 80% – 95%, ítem 4, de acuerdo (Figura 3) (“Considero que una aplicación móvil y recursos más interactivos podrían facilitar la

comprensión de los temas de termodinámica”), lo que refleja una alta disposición hacia soluciones digitales innovadoras.

En cuanto a la percepción de dificultad de la asignatura, una proporción considerable de estudiantes, aproximadamente entre el 90%, considera que la termodinámica presenta un alto nivel de complejidad (*“La asignatura de termodinámica representa un alto nivel de dificultad para mí”*) (Anexo 5), especialmente en lo relacionado con la aplicación de la teoría a situaciones prácticas.

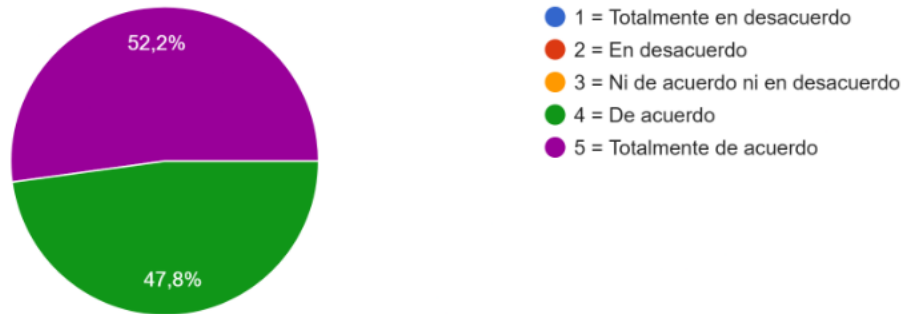
Finalmente, se identificó que más del 80% de los estudiantes acceden frecuentemente a recursos digitales (*“Accedo frecuentemente a recursos digitales para apoyar mi aprendizaje”*) (Anexo 6) y que el dispositivo de uso más común es el teléfono móvil (*“¿Qué objeto nunca deja antes de salir de la casa?”*) (Anexo 7), lo cual valida la pertinencia de desarrollar una solución basada en una aplicación móvil.

En síntesis, el diagnóstico evidencia tres problemáticas principales: las dificultades en la interpretación de tablas termodinámicas, la brecha entre la teoría y su aplicación práctica, y la insuficiencia de los métodos tradicionales de enseñanza. Paralelamente, se identifica una alta disposición hacia el uso de herramientas digitales, lo que fundamenta el desarrollo de la aplicación móvil como una solución pertinente, viable y alineada con las necesidades reales de los estudiantes.

Figura 3. Pregunta número 5 prueba diagnóstica.

Considero que una aplicación móvil y recursos mas interactivos podría facilitar la comprensión de los temas de termodinámica.

23 respuestas



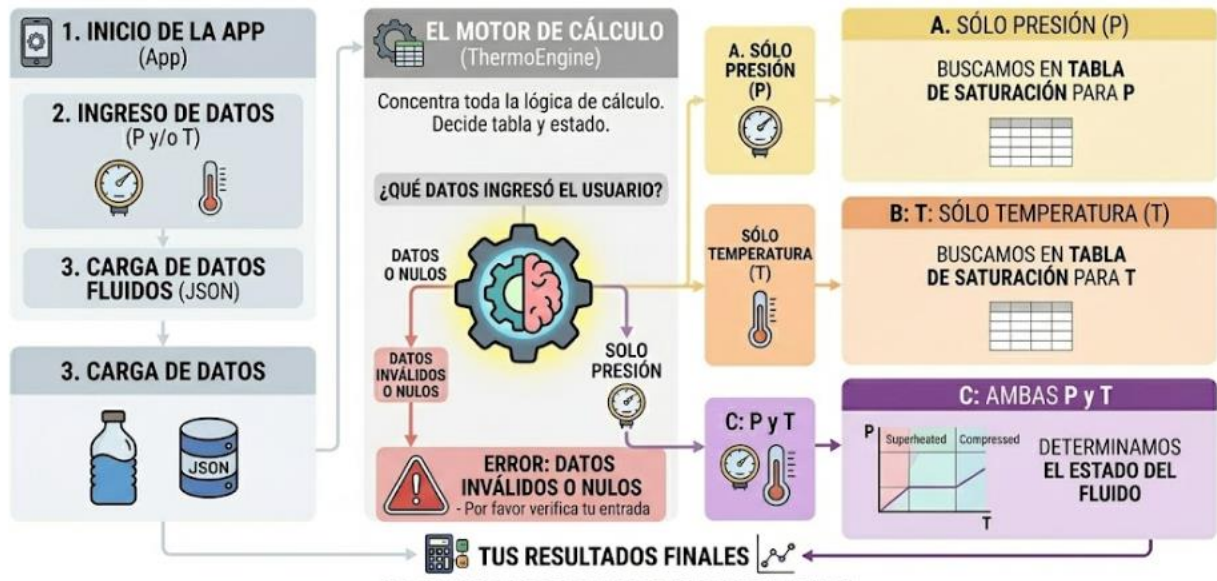
### 3.2 DISEÑO DE LA APLICACION MOVIL

La fase de diseño de la aplicación Termomec se estructuró a partir de la definición de la arquitectura del sistema, la interacción del usuario y la organización de los datos termodinámicos, con el fin de garantizar coherencia entre la solución propuesta y los principios físicos que rigen el problema (Figura 4).

En primer lugar, se estableció la arquitectura funcional del sistema, la cual se divide en dos componentes principales: la interfaz de usuario y el motor de cálculo termodinámico. La interfaz se encarga de la captura de datos y la interacción con el usuario, mientras que el procesamiento se realiza mediante el motor denominado *ThermoEngine*, el cual centraliza la lógica de cálculo y la toma de decisiones.

El funcionamiento general del sistema sigue un flujo en el que las variables ingresadas por el usuario son enviadas al motor de cálculo, donde se determina el tipo de análisis requerido y se obtienen las propiedades termodinámicas correspondientes.

Figura 4. Flujo general del proceso de cálculo en la aplicación.



En cuanto al diseño de la interacción, la aplicación se estructuró en tres módulos principales accesibles mediante pestañas: *propiedades*, *interpolación* y *calidad* (Anexo 8). Esta organización permite no solo realizar cálculos termodinámicos, sino también brindar herramientas complementarias para la comprensión de los métodos utilizados. En el módulo de propiedades, el usuario puede consultar las propiedades termodinámicas a partir de la presión, la temperatura o la combinación de ambas variables. Esta estructura se definió por facilidad de programación, permitiendo organizar de manera más eficiente las consultas y el desarrollo de la aplicación.

El flujo de uso consiste en seleccionar el fluido de trabajo (agua o R134a), activar las variables de entrada (presión, temperatura o ambas) e ingresar los valores correspondientes. Posteriormente, la aplicación procesa la información y presenta los resultados de forma estructurada.

Respecto al diseño de datos, se definió el uso de archivos en formato JSON (Figura 5) almacenados como recursos internos de la aplicación (Anexo 9 y 10). Estos archivos contienen las tablas termodinámicas previamente organizadas, permitiendo su consulta sin necesidad de conexión a internet (Anexo 11).

Los datos se estructuran en diferentes tipos de información:

- *Tablas de saturación por presión*
- *Tablas de saturación por temperatura*
- *Mallas de datos para vapor sobrecalentado*
- *Mallas de datos para líquido comprimido*

Esta organización permite representar tanto tablas tradicionales como estructuras bidimensionales dependientes de presión y temperatura (Anexo 12).

Figura 5. Estructura de datos en formato JSON para propiedades termodinámicas.

```

1 {
2   "fluid": "r134a",
3   "reference_state": "ASHRAE",
4 },
5 "units": {
6   "P": "kPa",
7   "T": "C",
8   "v": "m3/kg",
9   "u": "kJ/kg",
10  "u": "kJ/kg",
11  "s": "kJ/kgK"
12 },
13 "sat_by_P": {
14   "columns": [
15     "P",
16     "Tsat",
17     "vf",
18     "vg",
19     "uf",
20     "ug",
21     "hf",
22     "hg",
23     "sf",
24     "sg"
25   ],
26   "rows": [
27     [
28       60.0,
29       -36.934601500993833,
30       0.0007098231472890499,
31       0.31122732448834576,
32       3.8148315421709106, ...
33     ],
34     [
35       60.0, -36.93, 0.000709, 0.3112,
36       3.8148, ...
37     ]
38   ]
39 }

```

Define el fluido de trabajo (ej. Refrigerante R134a).

Define el estado de referencia (ej. ASHRAE).

Define las unidades de medida para cada propiedad:

- P → Presión (kPa)
- T → Temperatura (°C)
- v → Volumen específico (m<sup>3</sup>/kg)
- u → Energía interna (kJ/kg)
- h → Entalpía interna (kJ/kg / cambio / vapor)
- hf → hfg / hg → Entalpía cambio / vapor
- sf → sfg / sg → Entropía (líquido / cambio / vapor)

Define el nombre de cada columna en las tablas de saturación por presión:

- P → Presión
- Tsat → Temperatura de saturación
- vf / vg → Volumen específico (líquido / vapor)
- uf / ufg / ug → Energía interna (líquido / vapor)
- hf / hfg / hg → Entalpía (líquido / cambio / vapor)
- sf / sfg / sg → Entropía (líquido / cambio / vapor)

Define las tablas de saturación por presión

- Contiene las filas o datos numéricos para las condiciones de saturación a diferentes presiones.
- Ejemplo: 60.0, -36.93, 0.000709, 0.3112, 3.8148, ...
- Tsat = 36.93, y demás propiedades

Adicionalmente, se diseñaron estructuras internas específicas para el manejo de la información, diferenciando entre tablas tipo fila-columna para condiciones de saturación y estructuras tipo malla para relaciones presión-temperatura. Esta diferenciación permite adaptar el método de cálculo según el tipo de problema sin comprometer la consistencia de los resultados. En relación con el diseño de los algoritmos, se estableció el uso de métodos de interpolación como base del sistema de cálculo. Se implementó interpolación lineal para casos dependientes de una sola variable e interpolación bilineal para situaciones en las que intervienen simultáneamente presión y temperatura (Anexo 13, 14 y 15).

Asimismo, se definió la lógica de resolución del sistema, en la cual el tipo de cálculo depende de las variables ingresadas por el usuario (Anexo 16). Cuando se ingresa una sola variable, el sistema trabaja en condiciones de saturación; cuando se ingresan presión y temperatura simultáneamente, se realiza una búsqueda en mallas P-T. En este último caso, el sistema evalúa inicialmente la región de vapor sobrecalentado y, si no se encuentra solución, procede a evaluar la región de líquido comprimido. En caso de no existir datos válidos, se genera un error de rango.

Por otra parte, en el diseño de la interfaz de usuario (Figura 6), se priorizó la claridad visual y la facilidad de uso. La aplicación presenta una estructura basada en componentes tipo tarjeta, en los cuales se agrupan los elementos de entrada de datos y resultados. Los campos de entrada se controlan mediante interruptores que permiten activar o desactivar variables, lo que facilita la comprensión del tipo de cálculo que se realizará. Además, se incorporan elementos visuales de apoyo, como la visualización de rangos válidos de operación y la organización de resultados según la región termodinámica.

Figura 6. Interfaz de la aplicación Termomec para el cálculo de propiedades y visualización de regiones termodinámicas.



Finalmente, se integraron elementos de carácter didáctico dentro del diseño de la aplicación, como ventanas emergentes que proporcionan definiciones simplificadas de las propiedades termodinámicas. Asimismo, se incluyeron módulos independientes para la interpolación y el cálculo de calidad, lo que permite al usuario no solo obtener resultados, sino también comprender los procesos involucrados.

En conjunto, la fase de diseño permitió establecer una estructura sólida tanto a nivel lógico como funcional, asegurando que la implementación del sistema responda de manera coherente a los principios termodinámicos y a las necesidades identificadas en el diagnóstico.

### 3.3 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN MÓVIL

La fase de desarrollo e implementación corresponde a la materialización de la solución propuesta, en la cual se construyó la aplicación móvil Termomec integrando la gestión de datos termodinámicos, la lógica de cálculo y la interfaz de usuario.

**3.3.1 Entorno de desarrollo de la aplicación móvil:** El desarrollo de la aplicación se llevó a cabo utilizando el framework Flutter, empleando el lenguaje de programación Dart y el entorno de desarrollo Android Studio. Esta combinación permitió la creación de una aplicación móvil con una interfaz moderna, basada en principios de diseño tipo Material de diseño (**Anexo 17 y 18**).

La arquitectura implementada se fundamenta en el uso de componentes tipo Widget, lo que facilita la organización del código y la separación entre la lógica de presentación y el procesamiento interno del sistema (**Anexo 19 y 20**).

**3.3.2 Carga y gestión de termodinámicos:** La aplicación utiliza tablas termodinámicas previamente estructuradas y almacenadas en archivos JSON dentro de los recursos internos (assets). Este enfoque permite que los datos estén disponibles de manera local, evitando la dependencia de conexión a internet y garantizando un acceso rápido y eficiente (**Anexo 21,22 y 23**).

El proceso de carga de datos se realiza mediante la lectura del archivo correspondiente al fluido seleccionado, seguido de su conversión a estructuras de datos internas manejables por el sistema.

**3.3.3 Motor de cálculo termodinámico:** El núcleo funcional de la aplicación se encuentra en el motor de cálculo denominado ThermoEngine, el cual se encarga de procesar las variables de entrada y determinar las propiedades termodinámicas correspondientes. El método principal del motor es solve(P, T) (Figura 7), cuya lógica depende de las variables ingresadas por el usuario. Este método fue diseñado para trabajar con las dos propiedades intensivas independientes implementadas en la aplicación, presión (P) y temperatura (T), por criterios de diseño y facilidad de programación. Si no se ingresan valores, el sistema genera un error. Si se ingresa únicamente presión o temperatura, el cálculo se realiza en condiciones de saturación. En caso de ingresar ambas variables, se ejecuta un análisis en función de presión y temperatura (Anexo 24). En trabajos futuros se contempla ampliar esta funcionalidad para permitir el ingreso mediante cualquiera de las propiedades intensivas independientes.

Figura 7. Implementación del proceso de cálculo de propiedades termodinámicas en la aplicación Termomec.

```

1 {
2   "fluid": "r134a",
3   "reference_state": "ASHRAE",
4 },
5 "units": {
6   "P": "kPa",
7   "T": "C",
8   "v": "m3/kg",
9   "u": "kJ/kg",
10  "h": "kJ/kg",
11  "s": "kJ/kgK"
12 },
13 "sat_by_P": {
14   "columns": [
15     "P",
16     "Tsat",
17     "vf",
18     "vg",
19     "uf",
20     "ug",
21     "hf",
22     "hfg",
23     "hg",
24     "sf",
25     "sfg",
26     "sg"
27   ],
28   "rows": [
29     [
30       60.0,
31       -36.934601500993833,
32       0.0007098231472890499,
33       0.3112732448834576,
34       3.8148315421709106, ...
35     ],
36     [
37       60.0, -36.93, 0.000709, 0.3112,
38       3.8148, ...
39     ]
40   ]
41 }

```

**Define el fluido de trabajo**  
 (ej. Refrigerante R134a).

**Define el estado de referencia**  
 (ej. ASHRAE).

**Define las unidades de medida para cada propiedad:**

- P → Presión (kPa)
- T → Temperatura (°C)
- v → Volumen específico (m<sup>3</sup>/kg)
- u → Energía interna (kJ/kg)
- h → Entalpia interna (kJ/kg)
- hf → hfg / hg → Entalpia | cambio / vapor
- sf → sfg / sg → Entropía (líquido / cambio / vapor)

**Define el nombre de cada columna en las tablas de saturación por presión:**

- P → Presión
- T<sub>sat</sub> → Temperatura de saturación
- vf / vg → Volumen específico (líquido / vapor)
- uf / ufg / ug → Energía interna (líquido / vapor)
- hf / hfg / hg → Entalpia (líquido / cambio / vapor)
- sf / sfg / sg → Entropía (líquido / cambio / vapor)

**Define las tablas de saturación por presión**

- Contiene las filas o datos numéricos para las condiciones de saturación a diferentes presiones.
- Ejemplo:
 

60.0, -36.93,	60.0, -36.93,
3.8148, ...	T <sub>sat</sub> × 36.93, y demás propiedades

**3.3.4 Métodos de interpolación:** El cálculo de propiedades termodinámicas se realiza mediante interpolación sobre datos tabulados, lo cual garantiza coherencia con la información de referencia (Anexo 25).

La interpolación lineal se utiliza cuando el cálculo depende de una sola variable, permitiendo estimar valores intermedios a partir de dos puntos conocidos (Anexo 26).

La interpolación bilineal se emplea cuando el estado depende simultáneamente de presión y temperatura, utilizando cuatro puntos vecinos dentro de una malla bidimensional (Anexo 27 y 28).

**3.3.5 Determinación de la región termodinámica:** La determinación de la región en la que se encuentra el sistema se realiza mediante la lógica implementada en el motor de cálculo (Anexo 29).

Cuando el usuario ingresa una sola variable, el sistema asume condiciones de saturación. En cambio, cuando se ingresan presión y temperatura simultáneamente, el sistema evalúa diferentes regiones de forma secuencial (Anexo 30).

Inicialmente, se intenta resolver el estado en la región de vapor sobrecalentado. Si no es posible, se evalúa la región de líquido comprimido. En caso de no encontrar una solución válida, el sistema genera un error indicando que el estado se encuentra fuera del rango de las tablas (Anexo 31).

**3.3.6 Cálculo de propiedades termodinámicas:** El cálculo de propiedades depende de la región de operación del sistema. En condiciones de saturación, las propiedades se obtienen diferenciando entre líquido y vapor saturados. En condiciones definidas por presión y temperatura, se calculan propiedades como volumen específico, energía interna, entalpía y entropía (Anexo 32, 33, 34 y 35).

**3.3.7 Manejo de errores y validaciones:** El sistema implementa diferentes mecanismos de validación con el fin de garantizar la confiabilidad de los resultados (Anexo 36).

Se verifica que el usuario haya ingresado al menos una variable, que los valores sean numéricos válidos y que se encuentren dentro de los rangos establecidos por las tablas termodinámicas (Anexo 37).

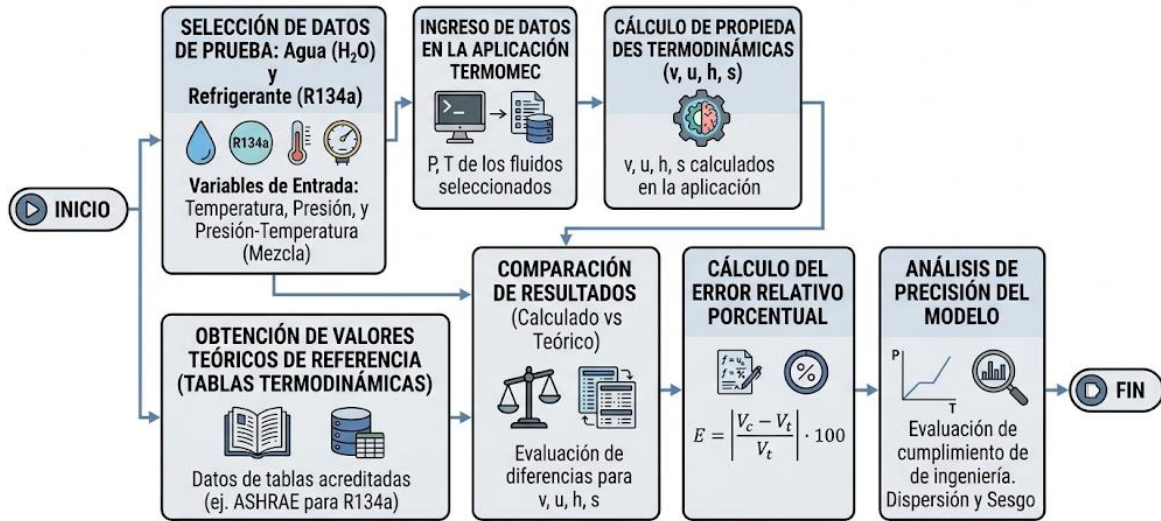
En caso de inconsistencias, el sistema genera mensajes de error que orientan al usuario (Anexo 38).

**3.3.8 Cálculo de la calidad ( $x$ ):** La aplicación incorpora un módulo independiente para el cálculo de la calidad en mezclas líquido-vapor, basado en relaciones termodinámicas. El cálculo se realiza a partir de propiedades termodinámicas específicas, permitiendo determinar la calidad o la propiedad desconocida en función de la variable ingresada (Anexo 39). El sistema valida que solo una de las variables sea ingresada, garantizando la consistencia del cálculo.

## 3.4 EVALUACIÓN

La fase de evaluación tuvo como objetivo verificar la precisión y confiabilidad de la aplicación Termomec mediante la comparación de los resultados obtenidos con valores de referencia provenientes de tablas termodinámicas reportadas en la literatura especializada, como *Thermodynamics: An Engineering Approach* de Çengel y Boles y publicaciones de ASHRAE (Figura 8).

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de validación de la app.



Se dispone de un enlace a una hoja de cálculo en línea ([https://correouisedu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/diego2205118\\_correo\\_uis\\_edu\\_co/IQBac0wUI5dfRK\\_EFZBt4QrH\\_ASc3fXG7Z7qh\\_NEJMkh2HDU?e=x0hPv2](https://correouisedu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/diego2205118_correo_uis_edu_co/IQBac0wUI5dfRK_EFZBt4QrH_ASc3fXG7Z7qh_NEJMkh2HDU?e=x0hPv2)) donde se registran los pares de datos utilizados en la validación de la aplicación, comparando los valores obtenidos con referencias de la bibliografía termodinámica estándar. Este recurso puede ser consultado libremente para revisar el procedimiento, los cálculos realizados y el nivel de precisión alcanzado por la herramienta desarrollada.

### 3.5 DISEÑO DE RECURSOS DIGITALES DE APOYO ACADÉMICO

**3.5.1 Definición de objetivos de aprendizaje:** Mediante la implementación de una plataforma interactiva en Moodle se busca fortalecer los contenidos abordados en las clases de la asignatura Termodinámica I del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Esta iniciativa surge a partir del alto número de estudiantes que no logran aprobar la asignatura, cifra que corresponde aproximadamente entre 23.33% y 31.28%.

A partir de esta situación se identifica que una de las principales dificultades se relaciona con la comprensión y el manejo adecuado de las tablas termodinámicas, la interpolación de propiedades, la realización de balances de energía y la interpretación del funcionamiento de los distintos dispositivos termodinámicos, así como de los ciclos que se conforman a partir de ellos.

Una vez establecidos los objetivos de aprendizaje para la asignatura de Termodinámica I, se determinó que la plataforma interactiva funcionaría como un recurso de apoyo orientado al refuerzo de los contenidos vistos en clase. En este sentido, se plantea como una herramienta que promueve el aprendizaje autónomo y práctico por parte de los estudiantes, brindándoles recursos adicionales que faciliten la comprensión de los conceptos y el desarrollo de habilidades necesarias para el adecuado dominio de la materia.

**3.5.2 Estructuración de los contenidos temáticos:** Para la organización de los contenidos incluidos en la plataforma, inicialmente se realizó una revisión del programa temático de la asignatura, el cual es proporcionado por la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Dicho contenido puede observarse en el Anexo 40.

A partir de esta revisión, se decidió estructurar la plataforma interactiva en tres módulos principales, definidos de la siguiente manera:

- **Módulo 0:** *Presenta los conceptos fundamentales de la termodinámica, así como el estudio de las propiedades de las sustancias puras.*
- **Módulo 1:** *Desarrolla los principios de la primera ley de la termodinámica junto con algunas de sus aplicaciones básicas.*
- **Módulo 2:** *Aborda la segunda ley de la termodinámica, haciendo énfasis en sus fundamentos y en el alcance de este principio.*

Este enfoque de organización se adoptó con el propósito de ofrecer una estructura clara y progresiva para los estudiantes, permitiéndoles identificar con facilidad los temas correspondientes a cada módulo (Anexo 41). De esta manera, se facilita el refuerzo de los conocimientos adquiridos durante las clases de forma secuencial. Asimismo, la plataforma brinda la posibilidad de revisar con anticipación algunos contenidos, lo que permite a los estudiantes llegar a las sesiones presenciales con una base previa que favorece la comprensión de los temas tratados en la asignatura.

**3.5.3 Diseño de los recursos interactivos en Genially:** Para el diseño de la plataforma interactiva, el primer paso consistió en seleccionar una plantilla dentro de Genially. Posteriormente, se realizó una modificación de la paleta de colores, como se observa en la Figura 9, con el objetivo de mantener una coherencia visual con la plataforma de Moodle, en la cual se implementaría el recurso.

Figura 9. Apartado visual de la plataforma interactiva.

**1** Conceptos fundamentales

**2** Propiedades de las sustancias puras

En este primer apartado de la interfaz interactiva se presentan los conceptos básicos y sustancias puras necesarios para comprender los temas posteriores. El objetivo es ofrecer una base clara antes de avanzar.

Luego, se introducen las sustancias puras y sus propiedades, explicando qué son, cómo se comportan y por qué resultan importantes en el estudio de sistemas y procesos de la ingeniería.

Termodinámica I

Escuela Ing. Mecánica  
Termodinámica 1

Una vez definida la apariencia visual, se procedió a elegir los recursos interactivos que formarían parte de la plataforma, buscando captar la atención de los estudiantes y favorecer su participación durante el proceso de aprendizaje. Con ello se pretendía generar una experiencia más dinámica y atractiva, que facilitara la comprensión de los contenidos y promoviera una mayor disposición hacia el estudio. Este enfoque también permite abordar los diferentes temas de manera más eficiente sin perder el interés del estudiante.

Entre los recursos seleccionados se incluyeron presentaciones interactivas (Figura 10), las cuales permiten realizar transiciones entre diapositivas para avanzar de manera progresiva en cada temática. Este recurso se utilizó con el propósito de distribuir la información en diferentes secciones y evitar la sobrecarga de contenido en un solo espacio. Además, las diapositivas incorporan animaciones que aportan mayor dinamismo a la plataforma.

En cada diapositiva se incluyeron definiciones presentadas de forma clara y accesible para los estudiantes (Anexo 42). Asimismo, en algunas secciones se integraron tarjetas interactivas (Anexo 43), con el fin de diversificar la forma de presentar la información. Estas tarjetas permitieron incluir las definiciones provenientes de la bibliografía junto con explicaciones más sencillas que facilitan su comprensión. De igual forma, dentro de las presentaciones se añadieron imágenes (Anexo 44) que apoyan la interpretación de los conceptos abordados.

Figura 10. Presentaciones interactivas de Genially.

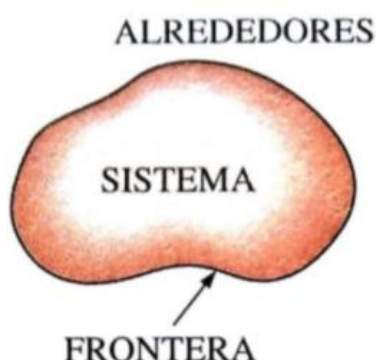
Sistemas y volúmenes de control

En la siguiente imagen podemos observar un sistema de un émbolo con un pistón en el cual: **el sistema, alrededores y frontera: partes que definen un sistema termodinámico** vienen siendo las partes principales.

El sistema viene siendo todo lo que se encuentra entre la camisa y el pistón, es decir, la parte que se encuentra en azul.

Los alrededores son todo lo que se encuentra por fuera del espacio que se encuentra entre la camisa y el pistón, es decir, la parte roja.

Por último, la frontera vendría siendo lo que encierra el sistema, eso quiere decir la parte de abajo del pistón junto con las paredes laterales y el piso de la camisa, es decir, la parte verde.



ALREDEDORES

SISTEMA

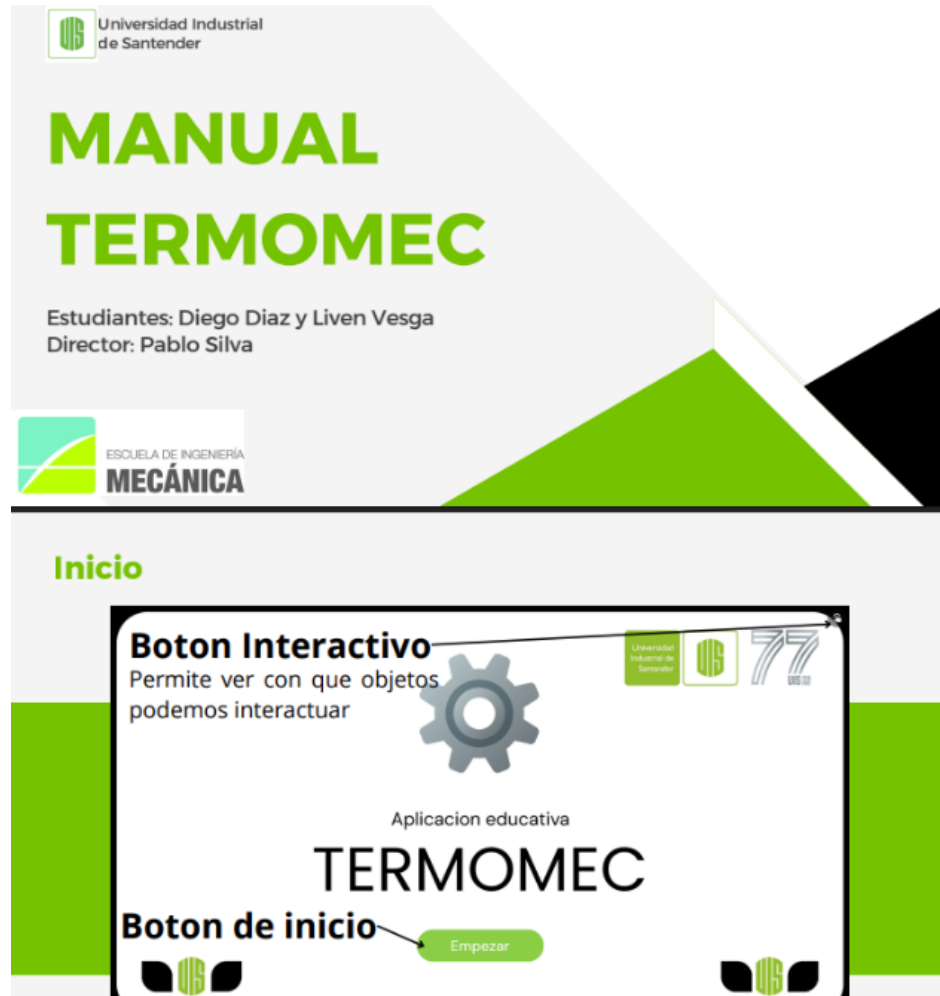
FRONTERA

Escuela Ing. Mecánica  
Termodinámica 1

SIGUIENTE →

En general, el diseño de la plataforma buscó adoptar un enfoque didáctico y visualmente atractivo, orientado a motivar a los estudiantes a reforzar los conocimientos adquiridos durante las clases. Asimismo, se procuró mantener una estructura sencilla e intuitiva que facilitara la navegación dentro del recurso. Por esta razón, también se incorporó un manual de uso (Figura 11) dentro de Moodle, con el fin de orientar a los usuarios y mejorar su experiencia al utilizar la plataforma.

Figura 11. Manual de uso de Termomec.



**3.5.4 Elaboración del solucionario de ejercicios:** Para la elaboración del solucionario se utilizó la aplicación Samsung Notes, la cual permitió desarrollar los ejercicios de forma manual en un entorno digital. Este procedimiento facilitó la resolución paso a paso de los problemas, manteniendo un formato similar al que se emplea al trabajar en papel. Posteriormente, los documentos fueron exportados en formato PDF (Anexo 45) con el fin de integrarlos dentro de la plataforma interactiva.

Dentro de la plataforma se habilitó un apartado destinado a ejercicios, en el cual, mediante un botón interactivo, los usuarios son redirigidos a una carpeta almacenada en Google Drive (Anexo 46).

En este espacio se encuentran organizados los solucionarios correspondientes a cada uno de los módulos. De igual forma, en Moodle se incluyó una sección de temario (Anexo 47), estructurada según los tres módulos que conforman la plataforma interactiva. En este apartado se presentan los cuarenta ejercicios propuestos, cada uno identificado con su respectiva numeración y el tema al que pertenece. Los ejercicios incluidos en la plataforma presentan diferentes niveles de dificultad, clasificados como bajo, medio y alto. Esta clasificación permite que el estudiante avance de manera progresiva, incrementando el grado de complejidad a medida que fortalece su comprensión de los temas. Cada ejercicio cuenta con una explicación detallada del procedimiento de solución, en la que se describe paso a paso el desarrollo del problema.

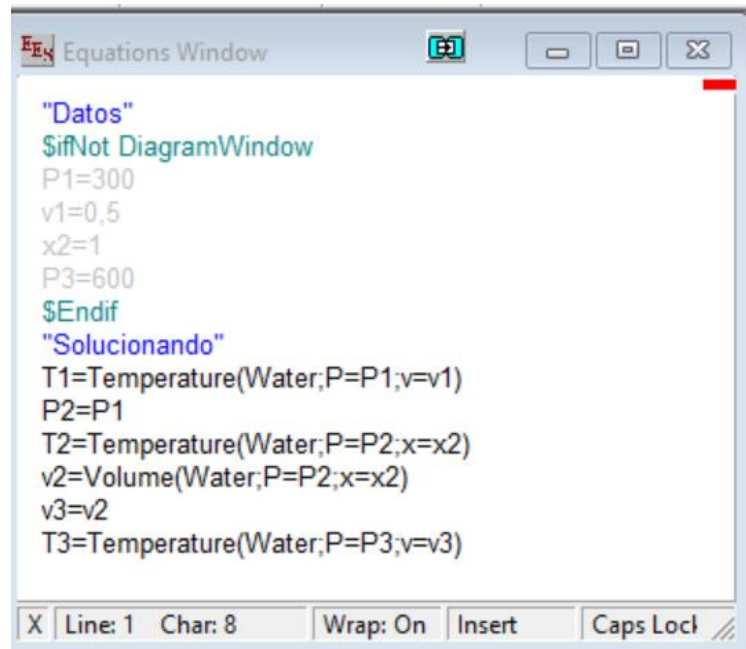
Adicionalmente, se indica el origen de los datos utilizados, especialmente aquellos obtenidos a partir de las tablas termodinámicas (Anexo 48). Para facilitar la comprensión, se incorporaron comentarios explicativos resaltados en un color diferente, específicamente en verde (Anexo 49), lo que permite identificar con mayor claridad los pasos clave dentro de cada procedimiento. En conjunto, este solucionario busca fortalecer la comprensión de los ejercicios mediante la práctica guiada y la presentación de procedimientos detallados, de manera que el estudiante pueda seguir cada etapa del desarrollo y consolidar su aprendizaje a lo largo del proceso.

**3.5.5 Desarrollo de códigos en EES para la variación de datos de entrada:** Con el propósito de complementar el solucionario desarrollado manualmente, los ejercicios también fueron programados en el software Engineering Equation Solver (EES). Esta implementación permite que los estudiantes puedan resolver un mismo ejercicio en múltiples ocasiones, obteniendo resultados diferentes mediante la modificación de los datos de entrada. Debido a las restricciones de la licencia institucional de EES, estos códigos fueron diseñados para su utilización en la sala CAD de la Escuela, donde se encuentra disponible el software autorizado para su ejecución.

De esta forma, se busca ofrecer una herramienta adicional que facilite la práctica y el fortalecimiento de las habilidades de análisis en la resolución de problemas. Dentro de la plataforma interactiva se incluyó una diapositiva (Anexo 50) que funciona como punto de acceso a este recurso, separando el solucionario tradicional de los códigos desarrollados en *Engineering Equation Solver*. Desde esta sección, el estudiante puede acceder a otra diapositiva que contiene un botón interactivo (Anexo 51), el cual redirige a una carpeta alojada en Google Drive (Anexo 52), donde se encuentran disponibles los archivos correspondientes a cada ejercicio programado.

Para la elaboración de estos ejercicios, inicialmente se desarrolló un código en *EES* (Figura 12) que resolvía el problema planteado en el enunciado original. Posteriormente, se incorporó una función del propio programa que permite realizar el cálculo prescindiendo de los valores específicos del enunciado. Esto se realizó con el fin de transformar dichos valores en variables de entrada dentro de la programación basada en objetos.

Figura 12. Solución de ejercicio en EES.



```
Equations Window
"Datos"
$ifNot DiagramWindow
P1=300
v1=0,5
x2=1
P3=600
$Endif
"Solucionando"
T1=Temperature(Water;P=P1,v=v1)
P2=P1
T2=Temperature(Water;P=P2;x=x2)
v2=Volume(Water;P=P2;x=x2)
v3=v2
T3=Temperature(Water;P=P3,v=v3)
X Line: 1 Char: 8 Wrap: On Insert Caps Lock
```

En la etapa de programación basada en objetos (Figura 13), primero se declaran las variables de entrada, que corresponden a los datos iniciales del problema. A continuación, se definen las variables de salida, las cuales representan los resultados obtenidos al finalizar el cálculo. Finalmente, se incorpora un botón de ejecución que permite recalcular automáticamente los resultados cada vez que se modifican los datos de entrada, facilitando así la repetición del ejercicio bajo diferentes condiciones.

Figura 13. Programación de ejercicios basada en objetos.

Diagram Window

**3-138** Un dispositivo de cilindro-émbolo provisto con topes, de modo que el agua soporta el peso del émbolo, y la fuerza de la atmósfera, contiene agua, inicialmente a 300 kPa y 0.5 m<sup>3</sup>/kg. El agua se calienta hasta que llega a condición de vapor saturado y el émbolo descansa sobre los topes. Con el émbolo sobre los topes, se calienta el agua hasta la presión de 600 kPa. En los diagramas  $P$ - $V$  y  $T$ - $V$ , con respecto a las líneas de saturación, las curvas de proceso pasan por los estados inicial y final del agua. Sobre ambos diagramas  $T$ - $V$  y  $T$ - $P$  trace las isoterms que pasan por ambos estados, y muestre sus valores en °C, en las isoterms.

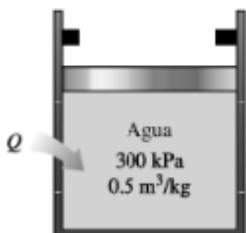
Datos

$P_1 = 300$

$v_1 = 1$

$x_2 = 1$

$P_3 = 600$



**FIGURA P3-138**

Resultados

$T_1 = 379,7$

$P_2 = 300$

$T_2 = 133,6$

$v_2 = 0,6059$

$v_3 = 0,6059$

$T_3 = 517,8$

### 3.6 IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN MÓVIL Y LA PLATAFORMA INTERACTIVA

**3.6.1 Configuración del entorno virtual en Moodle:** Para la implementación de la plataforma dentro del entorno virtual de aprendizaje, se realizó la configuración de un nuevo espacio en Moodle correspondiente al curso de Termodinámica I. En este entorno se añadió una pestaña específica (Anexo 53) destinada a la plataforma interactiva denominada Termomec, con el objetivo de centralizar en un solo lugar todos los recursos desarrollados.

Esta pestaña se organizó en diferentes secciones que facilitan la navegación y el acceso a los contenidos por parte de los estudiantes. Las secciones incluidas son las siguientes:

- **Definición de los módulos:** apartado informativo en el cual se explica la forma en que se encuentran organizados los contenidos temáticos dentro de las presentaciones interactivas.
- **Temario:** sección que contiene un documento en formato PDF donde se presentan los ejercicios organizados por módulos. En este documento, cada ejercicio se encuentra enumerado e incluye una breve descripción del tema que aborda.
- **Manual:** documento diseñado para explicar de manera general el funcionamiento de la plataforma y orientar al usuario sobre su utilización.
- **Presentaciones interactivas:** sección compuesta por tres apartados, correspondientes a cada uno de los módulos definidos previamente, donde se encuentran alojadas las diapositivas interactivas utilizadas para el desarrollo de los contenidos.

Esta estructura permite que los estudiantes puedan acceder de forma ordenada a los distintos recursos de la plataforma, facilitando así el proceso de consulta, estudio y refuerzo de los temas trabajados durante el curso.

### **3.6.2 Integración de recursos interactivos en Genially, solucionario de ejercicios y códigos en EES:**

Para integrar los recursos interactivos dentro del entorno virtual se procedió a insertar las presentaciones elaboradas en Genially en la página del curso alojada en Moodle. Para ello, inicialmente se accedió a la plataforma de Genially con el fin de obtener el código iframe correspondiente a cada presentación. Posteriormente, en Moodle se añadió un bloque de texto en el cual, mediante el uso de la opción de edición en HTML (Anexo 54), se pegó el código previamente copiado. De esta manera, fue posible visualizar e integrar directamente las presentaciones interactivas dentro del curso.

En el caso del solucionario de ejercicios, el documento fue exportado en formato PDF desde la aplicación Samsung Notes y posteriormente almacenado en una carpeta dentro de Google Drive (Anexo 55). Una vez cargado el archivo, se configuró la carpeta con acceso público y se copió el enlace correspondiente. Este enlace fue incorporado en las diapositivas interactivas de Genially mediante botones de acceso, lo que permite redirigir al usuario directamente al repositorio donde se encuentran disponibles los solucionarios.

En cuanto a los códigos desarrollados en *Engineering Equation Solver* (EES), se crearon tres carpetas independientes en Google Drive (Anexo 56), asignando una a cada uno de los módulos definidos en la plataforma. Dentro de cada carpeta se almacenaron los respectivos archivos de los ejercicios programados. Posteriormente, las carpetas se configuraron con acceso público y se obtuvo el enlace correspondiente para integrarlo en las diapositivas interactivas de cada módulo. Gracias a esta organización, cada módulo de la plataforma muestra únicamente los códigos asociados a sus respectivos temas, lo que permite mantener una estructura clara y facilita la navegación y el uso de los recursos por parte de los estudiantes.

**3.6.3 Integración general del sistema en Moodle:** La integración general del sistema se estructuró tomando como eje principal las presentaciones interactivas desarrolladas en Genially, ya que estas funcionan como el punto central desde el cual se accede a los diferentes recursos de la plataforma. Dichas presentaciones se encuentran incorporadas dentro del entorno virtual del curso en Moodle, y desde ellas es posible acceder tanto al solucionario de ejercicios como a los códigos programados en EES.

Se eligió Moodle como página de acceso principal debido a que se trata de una plataforma ampliamente utilizada por los estudiantes dentro de la asignatura, lo que facilita su manejo y reduce la necesidad de aprendizaje adicional sobre el funcionamiento del entorno. Esto permite que los usuarios naveguen con mayor facilidad entre las diferentes secciones de Termomec, favoreciendo así una secuencia de aprendizaje más clara y organizada.

Además, el uso de Moodle como punto de entrada presenta una ventaja adicional relacionada con la distribución del material. Al encontrarse integrado dentro del curso, el acceso a la plataforma puede compartirse fácilmente con todos los estudiantes matriculados en la asignatura, lo que facilita su implementación y uso en futuras cohortes.

Otro aspecto relevante es la accesibilidad del sistema. Al estar alojado en Moodle e integrar recursos de Genially, la plataforma puede ser consultada desde cualquier dispositivo.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS DE LA APP

**4.1.1 Metodología de validación:** Para validar el funcionamiento de la aplicación, se empleó un enfoque de comparación directa entre los resultados generados por el software y los valores teóricos obtenidos de tablas termodinámicas de referencia.

El procedimiento se desarrolló en tres etapas:

#### Selección de datos de prueba

Se seleccionaron conjuntos de datos para dos fluidos de trabajo: agua (H<sub>2</sub>O) y refrigerante R134a, considerando diferentes formas de entrada y amplios rangos operativos con el fin de evaluar el comportamiento del sistema en diversas regiones termodinámicas.

Para el agua (H<sub>2</sub>O), se evaluaron:

- Entrada por temperatura en un rango de 20 °C a 350 °C
- Entrada por presión en un rango de 1 kPa a 22000 kPa
- Entrada por presión y temperatura en la región de vapor sobrecalentado, con valores entre 10 kPa y 50000 kPa y 50 °C a 1200 °C

Para el refrigerante R134a, se evaluaron:

- Entrada por temperatura en un rango de -30 °C a 100 °C
- Entrada por presión en un rango de 60 kPa a 3000 kPa
- Entrada por presión y temperatura en la región de vapor sobrecalentado, con valores entre 180 kPa y 1600 kPa y 0 °C a 160 °C

Estos rangos permitieron evaluar condiciones de saturación y vapor sobrecalentado, garantizando una validación integral del modelo.

#### Obtención de resultados mediante la aplicación

Los valores seleccionados fueron ingresados en la aplicación Termomec, obteniendo como salida propiedades termodinámicas como volumen específico, energía interna, entalpía y entropía, tanto en condiciones de saturación como en la región de vapor sobrecalentado.

#### Comparación con datos de referencia

Los resultados obtenidos fueron comparados con valores tabulados provenientes de la bibliografía, con el fin de cuantificar la precisión de los algoritmos de interpolación implementados. Para datos unidimensionales se empleó interpolación lineal y, para combinaciones de presión y temperatura, interpolación bilineal.

**4.1.2 Cálculo del error:** Para cuantificar la precisión de los resultados, se utilizó el error relativo porcentual, definido como:

- $\% \text{ error} = |(\text{Valor calculado} - \text{Valor teórico}) / \text{Valor teórico}| \times 100$

Este indicador permite medir la desviación entre los valores calculados por la aplicación y los valores de referencia, siendo ampliamente utilizado en la validación de modelos numéricos en ingeniería.

**4.1.3 Resultados de la validación:** Los resultados obtenidos evidencian un alto nivel de concordancia entre los valores calculados por la aplicación y los valores teóricos reportados en la literatura, en todos los escenarios evaluados.

Para el caso del agua, en el análisis por temperatura se obtuvo un error promedio de 0.00898 %, evidenciando una alta precisión en condiciones de saturación. En el análisis por presión, el error promedio fue de 0.04224 %, manteniéndose dentro de rangos aceptables. En condiciones de presión y temperatura, correspondientes a la región de vapor sobrecalentado, se obtuvo un error promedio de 0.1196 %, valor coherente considerando la mayor complejidad asociada a la interpolación bidimensional.

Para el refrigerante R134a, en condiciones de entrada por temperatura se obtuvo un error promedio de 0.13841 %, mientras que en entrada por presión el error promedio fue de 0.04536 %. En condiciones de presión y temperatura, el error promedio obtenido fue de 0.01442 %, evidenciando un comportamiento altamente preciso del modelo en la región de vapor sobrecalentado.

De manera global, al considerar todas las formas de entrada evaluadas para el R134a, se obtuvo un error promedio de 0.01993 %, lo cual confirma la consistencia y precisión del modelo para este fluido.

Finalmente, considerando todos los casos evaluados para ambos fluidos, el sistema presentó un error promedio global de 0.05694 %, lo que evidencia un alto nivel de precisión en los resultados generados por la aplicación.

**4.1.4 Análisis de resultados:** El análisis conjunto de los resultados permite evidenciar que la aplicación presenta un comportamiento consistente y estable en el cálculo de propiedades termodinámicas en las diferentes regiones evaluadas.

Se observa que la mayor precisión se presenta en condiciones de saturación, especialmente en entrada por temperatura. En el caso de la entrada por presión, los errores presentan un ligero incremento en condiciones de alta presión, aunque se mantienen dentro de rangos aceptables para aplicaciones de ingeniería. En condiciones de presión y temperatura, correspondientes a la interpolación bilineal, se presenta un leve aumento en el error debido a la mayor complejidad del cálculo.

En el caso del refrigerante R134a, se observa un comportamiento similar al del agua, con variaciones asociadas a la mayor sensibilidad de sus propiedades frente a cambios en las variables de estado. No obstante, en condiciones de presión y temperatura, el modelo presenta una alta precisión, lo cual confirma la adecuada implementación del método de interpolación bilineal.

Las diferencias observadas pueden atribuirse a las aproximaciones inherentes a los métodos de interpolación, al comportamiento no lineal de las propiedades termodinámicas, a la resolución de los datos almacenados en los archivos JSON y al redondeo de los valores de referencia.

En términos generales, los errores obtenidos (inferiores al 0.12 % en todos los casos) se consideran adecuados para aplicaciones académicas y de ingeniería preliminar, donde no se requiere precisión de nivel industrial.

## 4.2 DISEÑO DE LA APLICACIÓN MÓVIL Y LA PLATAFORMA INTERACTIVA

**4.2.1 Arquitectura general del sistema:** El sistema denominado Termomec está estructurado a partir de cuatro herramientas principales orientadas al apoyo y fortalecimiento del proceso de aprendizaje: i). una aplicación móvil destinada al cálculo de propiedades termodinámicas, ii). una plataforma interactiva diseñada para reforzar los contenidos abordados en clase, iii). un solucionario de ejercicios correspondientes a la asignatura de Termodinámica I y iv). un conjunto de códigos desarrollados con programación orientada a objetos en EES.

La integración de estos recursos se realiza mediante la plataforma educativa Moodle, donde dentro del curso de Termodinámica I se dispone de un apartado específico que permite acceder a cada una de estas herramientas. La intención del aula virtual es fortalecer el aprendizaje de los estudiantes mediante la centralización de recursos académicos, facilitando el acceso al material de apoyo, promoviendo la interacción con contenidos complementarios y favoreciendo la relación entre la teoría y la práctica en el estudio de la termodinámica. En este espacio los estudiantes pueden encontrar el enlace para la descarga de la aplicación móvil, así como presentaciones interactivas que incluyen el solucionario de ejercicios y los códigos desarrollados en EES, facilitando de esta manera el acceso organizado a los diferentes recursos de apoyo académico.

**4.2.2 Estructura de la plataforma en Moodle:** Dentro del curso de Termodinámica I en la plataforma Moodle se incorporó una pestaña adicional destinada al acceso de los recursos del sistema Termomec. En este espacio se organizaron los diferentes materiales de apoyo, entre los cuales se incluyen los temas abordados en cada módulo de las presentaciones interactivas, un manual explicativo para orientar el uso de las presentaciones desarrolladas en Genially, así como un temario en el que se especifican los ejercicios correspondientes a cada módulo y la temática asociada a cada uno de ellos.

De igual manera, en esta sección se encuentra disponible la aplicación móvil para el cálculo de propiedades termodinámicas y las presentaciones interactivas elaboradas en Genially, organizadas de acuerdo con los módulos establecidos para la asignatura.

La estructura de los módulos dentro de la plataforma se definió de la siguiente forma:

- **Módulo 0:** Conceptos básicos y propiedades de las sustancias puras.
- **Módulo 1:** Primera ley de la termodinámica.
- **Módulo 2:** Segunda ley de la termodinámica.

Para acceder a los recursos de Termomec, el estudiante debe ingresar a la plataforma Moodle y dirigirse al curso de Termodinámica I. Una vez allí, en la parte superior del curso encontrará una pestaña denominada “**Termomec**” (Anexo 57), desde la cual es posible acceder a todas las herramientas interactivas y materiales de apoyo disponibles.

**4.2.3 Diseño de interfaz y experiencia del usuario:** Para el diseño de la interfaz de las presentaciones interactivas desarrolladas en Genially se decidió emplear una paleta de colores similar a la utilizada en la plataforma institucional Moodle de la Universidad Industrial de Santander. Esta elección se realizó con el propósito de mantener una coherencia visual con el entorno digital que los estudiantes utilizan habitualmente, favoreciendo así una experiencia de navegación más intuitiva y homogénea.

De manera complementaria, la aplicación móvil fue diseñada considerando criterios de simplicidad y claridad en la distribución de los elementos de la interfaz, procurando que el acceso a las diferentes funciones sea directo y fácil de comprender para el usuario. Tanto la aplicación como la plataforma interactiva se integraron dentro del curso de Termodinámica I en Moodle, lo cual permite que los estudiantes puedan acceder a estos recursos desde un mismo entorno virtual.

Asimismo, se tuvo en cuenta la posibilidad de acceso desde dispositivos móviles, permitiendo que los estudiantes consulten el material y refuercen los contenidos de la

asignatura en distintos momentos y lugares, lo que favorece la flexibilidad en el proceso de aprendizaje.

### **4.3 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN MÓVIL Y DE LOS RECURSOS INTERACTIVOS**

**4.3.1 Puesta en marcha de la plataforma:** Como resultado del desarrollo del proyecto, se obtuvo una herramienta de refuerzo académico funcional que fue implementada en el curso (21802) TERMODINAMICA I - C1 del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander durante el periodo académico 2026-1, en el grupo orientado por el profesor Pablo Silva Ortiz.

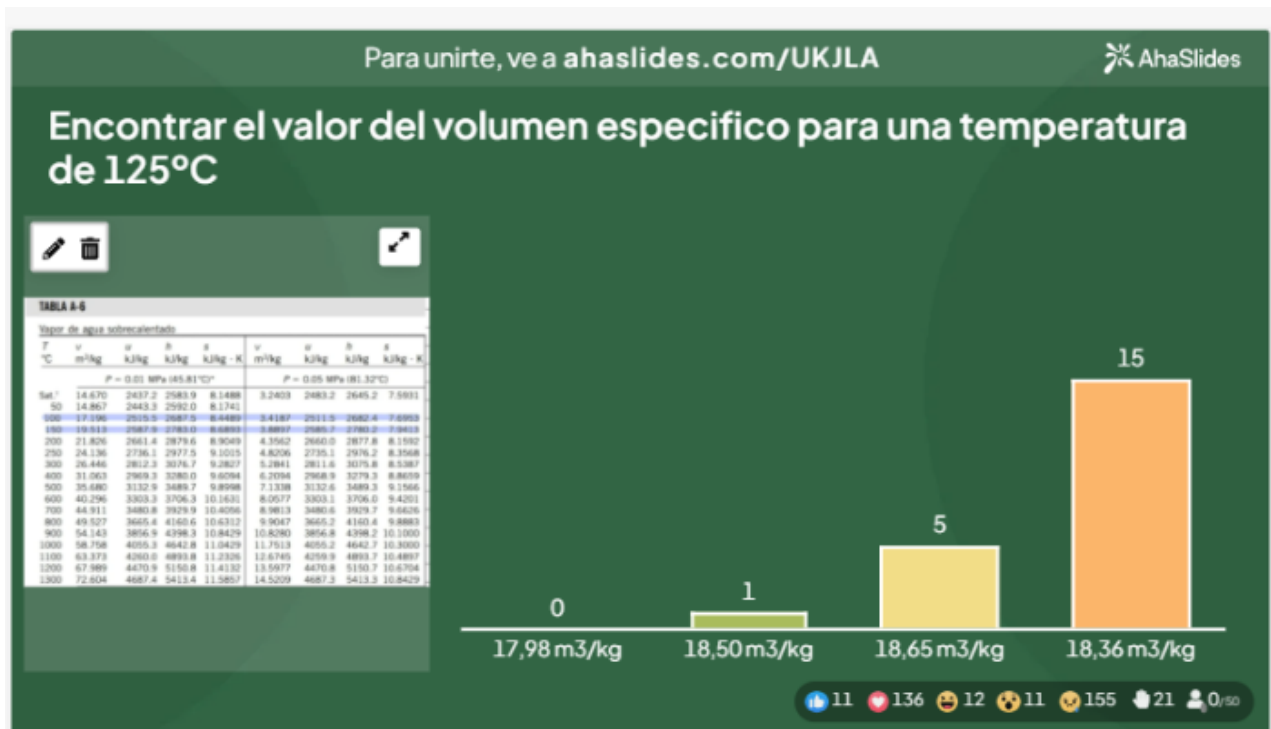
Para esta fase de prueba se habilitó el **módulo 1** dentro de la plataforma, en el cual los estudiantes tuvieron acceso a diferentes recursos de apoyo, entre ellos las presentaciones interactivas desarrolladas en Genially, el solucionario de ejercicios, los códigos elaborados en *Engineering Equation Solver* y la aplicación móvil destinada al cálculo de propiedades termodinámicas.

Durante la implementación se pudo observar que el uso de las herramientas integradas en Termomec generó una dinámica de estudio diferente en comparación con los métodos tradicionales. En particular, se evidenció que los estudiantes tendían a mantener sesiones de estudio más prolongadas, lo cual puede estar asociado al carácter interactivo de los recursos utilizados, los cuales favorecen la participación del estudiante y estimulan su interés por los contenidos de la asignatura.

**4.3.2 Aplicación en el proceso de aprendizaje:** Las herramientas desarrolladas en Termomec se utilizaron como recursos de apoyo para reforzar los conocimientos adquiridos por los estudiantes durante las clases de Termodinámica I. Con el fin de evaluar su impacto en el proceso de aprendizaje, se realizaron diferentes actividades mediante la plataforma AhaSlides (Figura 14), en las cuales se incluyeron preguntas de carácter teórico relacionadas con los temas que ya contaban con el apoyo de la plataforma.

A partir de estas actividades fue posible observar una mayor facilidad por parte de los estudiantes para comprender algunos de los conceptos teóricos abordados en la asignatura. Esto se reflejó en el desempeño obtenido en las actividades realizadas, donde en general se evidenciaron resultados favorables.

Figura 14. Actividades realizadas en Ahaslides.



Adicionalmente, se observó una buena aceptación de Termomec por parte de los estudiantes. En particular, el solucionario de ejercicios fue identificado como un recurso

útil durante la preparación para los parciales de Termodinámica I, ya que los problemas se presentan de forma organizada y secuencial, lo cual facilita el seguimiento del procedimiento y la comprensión del desarrollo de cada ejercicio.

**4.3.3 Observaciones generales de la implementación:** Con el propósito de recopilar la percepción de los estudiantes sobre el uso de las herramientas desarrolladas, se aplicó una encuesta mediante Google Forms. A partir de las respuestas obtenidas fue posible identificar una aceptación favorable tanto de la plataforma interactiva como de la aplicación móvil por parte de los estudiantes que participaron en la prueba.

Como introducción al instrumento de recolección de información, se incluyó un encabezado en el cual se explicó brevemente el objetivo de la encuesta y el uso que se daría a los datos recopilados (Anexo 58). De esta manera se buscó brindar claridad a los estudiantes acerca de la finalidad académica de la información suministrada.

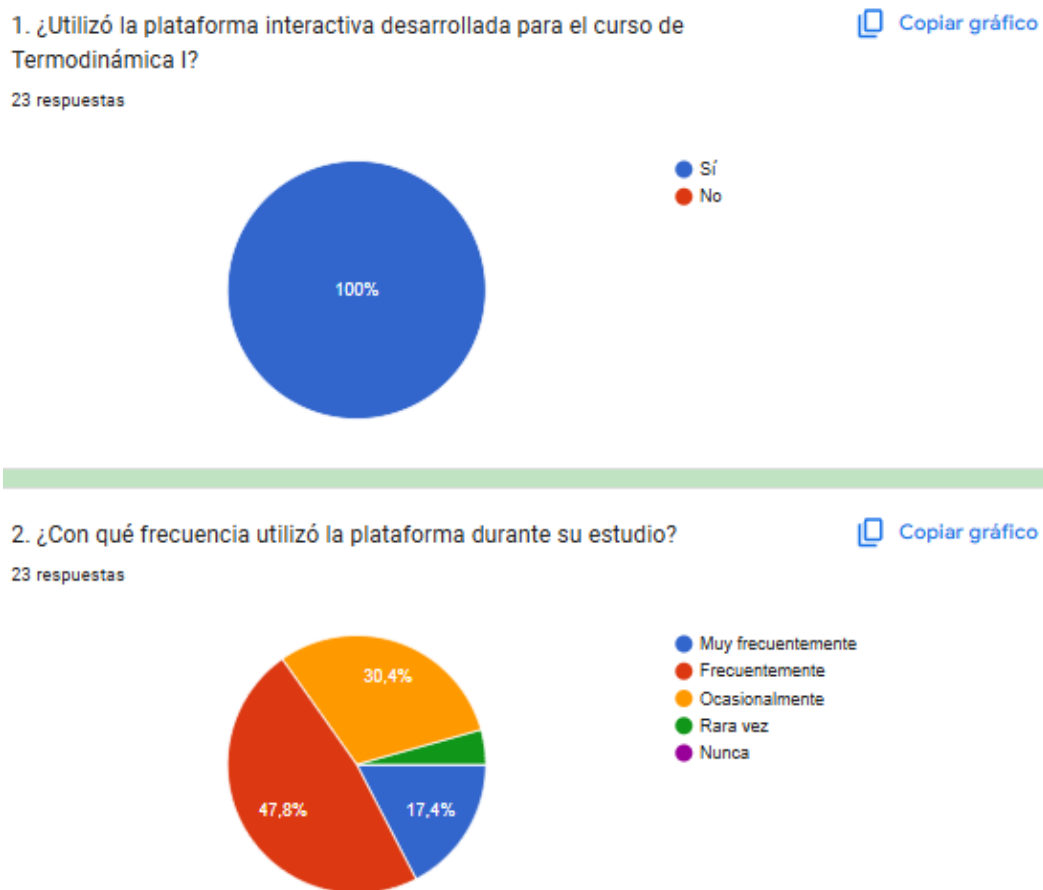
Dentro de la encuesta también se incorporaron preguntas orientadas a conocer la frecuencia con la que los estudiantes utilizaron la plataforma interactiva durante su proceso de estudio (Anexo 59), con el fin de obtener una referencia sobre el nivel de uso de las herramientas disponibles, de esa misma manera se implementaron las preguntas de facilidad de uso como se ve en el Anexo 60.

De manera similar, se plantearon preguntas enfocadas en la utilidad de la plataforma como apoyo en el proceso de aprendizaje. Entre ellas se incluyeron afirmaciones como: *“Los ejercicios disponibles ayudan a reforzar los conceptos de Termodinámica I”* (Anexo 61), las cuales también se evaluaban mediante la misma escala de valoración de una a cinco estrellas.

Finalmente, se incorporaron preguntas relacionadas con el nivel de satisfacción general de los estudiantes respecto al uso de la plataforma y los recursos asociados (Anexo 62), con el objetivo de obtener una visión global de la experiencia de uso y del aporte percibido por los participantes.

En relación con el uso de la plataforma, se evidenció que el 100 % de los estudiantes hizo uso de las presentaciones interactivas disponibles. Asimismo, se observó que estas herramientas fueron utilizadas con frecuencia durante las sesiones de estudio, lo cual indica que los estudiantes recurrieron a la plataforma como un recurso de apoyo para reforzar los contenidos de la asignatura. Este comportamiento puede apreciarse con mayor detalle en la Figura 15.

Figura 15. Resultado de las preguntas de uso.



En cuanto a las preguntas relacionadas con la facilidad de uso, los resultados obtenidos muestran una valoración promedio superior a 4 en una escala de 1 a 5 estrellas, lo cual indica que los estudiantes perciben la plataforma como una herramienta interactiva intuitiva y fácil de utilizar. Estos resultados sugieren que la estructura de navegación y la

organización de los recursos permiten a los usuarios acceder al contenido sin mayores dificultades.

*Los resultados correspondientes a estas preguntas pueden observarse con mayor detalle en los Anexo 63, 64 y 65.*

En relación con la utilidad para el aprendizaje, los resultados obtenidos muestran valoraciones superiores a 4 en una escala de 1 a 5, lo cual indica que los estudiantes consideran que la plataforma representa un apoyo significativo en la comprensión de los contenidos de la asignatura. Estos resultados sugieren que el uso de recursos interactivos y didácticos contribuye a facilitar el entendimiento de los temas abordados en Termodinámica I.

*Los resultados detallados de estas preguntas pueden observarse en los Anexo 66, 67, 68 y 69.*

Finalmente, los resultados muestran que los estudiantes manifestaron una valoración positiva frente al uso de la plataforma. En particular, se evidenció que el 95,7 % de los participantes recomendaría la implementación de esta herramienta en los cursos de Termodinámica I, lo cual refleja un alto nivel de aceptación entre los usuarios.

Adicionalmente, a partir de la retroalimentación proporcionada por los estudiantes, se puede concluir que la plataforma constituye un recurso que complementa el proceso de estudio de la asignatura, apoyando la comprensión de los contenidos y el desarrollo de las actividades académicas. Estos resultados pueden observarse en mayor detalle en las Figuras 16 y 17.

Figura 16. Resultados de las preguntas 10 y 11 relacionadas con la satisfacción de los estudiantes.

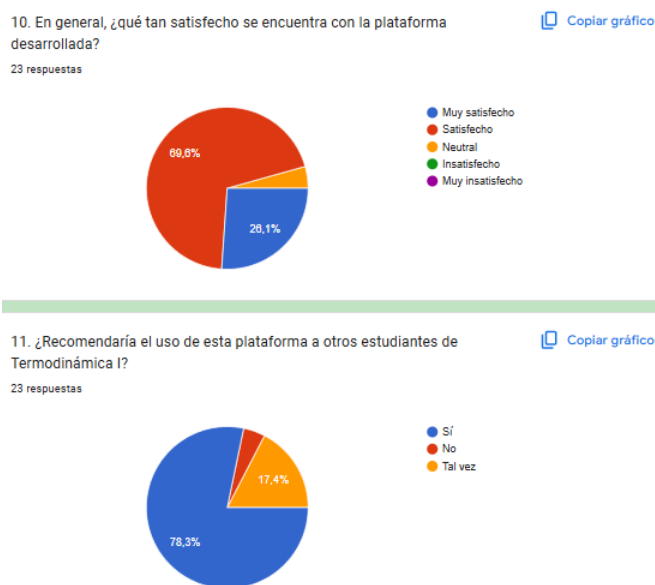
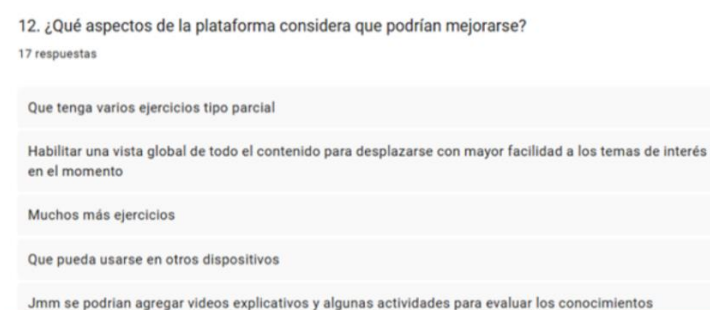


Figura 17. Resultados de la pregunta 12 correspondiente a la retroalimentación de los estudiantes.



Se presenta en forma exacta el aporte del desarrollo del trabajo en concordancia a la justificación presentada. Se describe en forma lógica, los resultados del trabajo, dando respuesta a los objetivos o propósitos planteados. Basado en los resultados recolectados, incluido el tratamiento estadístico o cualitativo. Se muestra en forma concisa los productos y/o resultados y se resaltan las contribuciones del trabajo al contexto local, regional, nacional e internacional, cuando aplique.

**4.3.4 Comentarios Finales:** La herramienta desarrollada fue bien recibida por los estudiantes de Termodinámica I, quienes valoraron su utilidad y recomendaron su implementación en otros cursos. En particular, la plataforma elaborada en Genially evidenció una percepción positiva, destacándose por su facilidad de uso, su carácter interactivo y su aporte a la comprensión de los contenidos. Esto se reflejó también en el interés de los estudiantes por contar con una mayor cantidad de ejercicios, especialmente desarrollados en EES.

En medio de una realidad enfocada a las nuevas tecnologías, la experiencia por parte del usuario mostró una aceptación favorable que facilitó la adquisición de competencias en la línea de la termodinámica, específicamente en la aplicación de las sustancias puras. La plataforma fue estructurada con ejercicios de distintos niveles de dificultad, lo que permitió un proceso de aprendizaje progresivo y adaptable. Además, su diseño facilita la incorporación de nuevos contenidos, garantizando su actualización y continuidad en el tiempo.

En cuanto al desempeño técnico, la aplicación Termomec presentó un alto nivel de precisión, con errores inferiores al 0.12%, lo que respalda la confiabilidad del modelo basado en interpolación. Este resultado es coherente con el uso de herramientas digitales como apoyo en la enseñanza de la termodinámica.

El principal aporte del trabajo radica en la integración de diferentes recursos —aplicación móvil, Genially y Moodle— que, en conjunto, no solo permiten resolver problemas numéricos, sino también fortalecer la comprensión de los conceptos mediante un entorno más dinámico.

No obstante, es importante señalar que la evaluación se centró en la percepción de los estudiantes y no en indicadores directos de rendimiento académico. Asimismo, la aplicación se limita a ciertos fluidos y al uso de interpolación, lo que puede restringir su alcance en contextos más avanzados.

En este sentido, la herramienta no busca reemplazar los métodos tradicionales de enseñanza, sino complementarlos, ofreciendo una alternativa que favorece el aprendizaje autónomo y el uso de tecnologías en la formación en ingeniería.

## 5. CONCLUSIONES

La implementación de una aplicación móvil para sistemas Android, complementada con un recurso interactivo desarrollado en Genially e integrada en la plataforma Moodle, permitió disponer de una herramienta orientada al cálculo y verificación de propiedades termodinámicas de sustancias puras, así como a la comprensión de los conceptos asociados. A través de su diseño funcional e interactivo, se facilitó la visualización de procesos y dispositivos propios de la línea de termofluidos, contribuyendo a una mejor interpretación de los contenidos teóricos. La integración en Moodle favoreció su acceso y uso dentro de un entorno académico organizado, mientras que los resultados obtenidos en la evaluación con estudiantes evidenciaron una percepción positiva en términos de utilidad, facilidad de uso y apoyo al aprendizaje, respaldando su pertinencia como recurso educativo en el área de termodinámica.

En relación con el desarrollo de la solución, se implementó una aplicación móvil orientada al cálculo y comprensión de propiedades termodinámicas, complementada con módulos interactivos diseñados en Genially e integrada en la plataforma Moodle. La organización del contenido en secciones permitió un acceso estructurado a la información, favoreciendo la navegación y el aprendizaje autónomo por parte de los estudiantes.

La validación de los resultados evidenció un alto nivel de precisión en los cálculos realizados por la aplicación, al compararse con tablas termodinámicas estándar. En la mayoría de los casos evaluados, el porcentaje de error se mantuvo por debajo de valores aceptables para aplicaciones académicas (inferiores al 2 %), lo que respalda la confiabilidad de la herramienta como apoyo en el análisis de propiedades termodinámicas.

Finalmente, la evaluación de la experiencia de uso mostró una alta aceptación por parte de los estudiantes, con valoraciones superiores a 4 sobre 5 en criterios como facilidad de uso, claridad de la información y utilidad para el aprendizaje, además de un nivel de aceptación cercano al 95 %. Estos resultados evidencian que la herramienta no solo cumple una función técnica adecuada, sino que también responde de manera efectiva a las necesidades del proceso formativo en el área de termodinámica.

## 6. TRABAJOS FUTUROS

Para futuros trabajos, se considera importante continuar el desarrollo del ecosistema educativo con el fin de ampliar tanto su alcance como su aporte académico. En este sentido, sería conveniente incorporar diagramas termodinámicos interactivos, como los diagramas P–V, T–S y H–S, que permitan representar de manera gráfica los estados y procesos obtenidos. Asimismo, se plantea la posibilidad de que la aplicación identifique automáticamente la fase o región termodinámica en la que se encuentra la sustancia a partir de las propiedades ingresadas por el usuario, mostrando de forma visual un punto sobre la gráfica correspondiente según el estado calculado del fluido. Para ello, la herramienta podría determinar el estado termodinámico utilizando al menos dos propiedades intensivas independientes, de acuerdo con el postulado de estado de la termodinámica, permitiendo trabajar no solo con presión y temperatura, sino también con combinaciones de propiedades como volumen específico, entalpía, entropía o energía interna. Este tipo de visualización facilitaría la comprensión de los fenómenos y permitiría al estudiante relacionar de forma más clara los resultados numéricos con su interpretación física.

De igual manera, se sugiere ampliar la base de sustancias incluidas en la aplicación, incorporando otros fluidos de uso frecuente en ingeniería, así como la implementación de un módulo de gases ideales. Adicionalmente, podría explorarse el **uso de ecuaciones de estado para el cálculo de propiedades termodinámicas**, lo que permitiría reducir la dependencia de bases de datos tabuladas y facilitaría la incorporación de nuevas sustancias al sistema. También podría considerarse la implementación de entornos computacionales basados en Google Colab utilizando librerías especializadas como CoolProp, SciPy y Python, con el fin de desarrollar módulos de cálculo y simulación que puedan reemplazar o complementar el uso de *Engineering Equation Solver*. Esto permitiría contar con herramientas de libre acceso, mayor flexibilidad en la programación y posibilidades de integración con modelos matemáticos más avanzados, favoreciendo además el aprendizaje computacional aplicado a la ingeniería.

Por otra parte, sería pertinente incluir funcionalidades orientadas al análisis de procesos y ciclos termodinámicos, como los ciclos de Carnot, Rankine u Otto, con el fin de fortalecer la aplicación práctica de los conceptos y ofrecer un apoyo más completo en la resolución de problemas. Esta mejora contribuiría a que la herramienta no se limite al cálculo de propiedades, sino que también apoye el análisis de sistemas termodinámicos de forma más integral. Asimismo, se recomienda explorar la posibilidad de adaptar la aplicación a otras plataformas, como iOS, o desarrollar una versión web que permita su uso desde diferentes dispositivos, lo que facilitaría su acceso y ampliaría su alcance en distintos contextos educativos.

Finalmente, se considera necesario que futuros estudios incluyan evaluaciones más detalladas del impacto de la herramienta en el aprendizaje, incorporando análisis cuantitativos del rendimiento académico, métricas de usabilidad y estudios comparativos que permitan evaluar la efectividad del ecosistema educativo en el fortalecimiento del aprendizaje de la termodinámica. Esto permitiría contar con información más precisa sobre su efectividad y aportar mayor sustento a su uso como recurso de apoyo en la enseñanza de la termodinámica.

## REFERENCIAS

ANDROID DEVELOPERS. Android Studio [en línea]. Disponible en: <https://developer.android.com/studio?hl=es-419>

ALRASHEEDI, Mohammed; CAPRETZ, Luiz Fernando y RAZA, Arif. A systematic review of the critical factors for success of mobile learning in higher education. En: Journal of Educational Computing Research. 2015, vol. 52, no. 2, p. 257–276.

BAKRANIA, Smitesh y CARRIG, Austin. Touching Water: Exploring Thermodynamic Properties with Clausius App. Rowan University, 26 de junio de 2016.

BICHLER, Sarah; GERARD, Libby; RIORDAN, Brian; LIM-BREITBART, Jonathan y LINN, Marcia C. Creating and testing adaptive guidance for thermodynamics classroom instruction. 2025.

CÁRDENAS SALGADO, Enrique Diógenes. El camino histórico de la educación tecnológica en los sistemas educativos de algunos países del mundo y su influencia en la educación tecnológica en Colombia. 2012.

CASERTA, Sergio; TOMAIUOLO, Giovanna y GUIDO, Stefano. Use of a smartphone-based student response system in large active-learning chemical engineering thermodynamics classrooms. En: Education for Chemical Engineers. 2021, vol. 36, p. 46–52.

COMPUTADORES PARA EDUCAR. Laboratorio de innovación educativa [en línea]. Disponible en: <https://www.computadoresparaeducar.gov.co/publicaciones/5652/laboratorio-de-innovacion-educativa/>

ÇENGEL, Yunus A. y BOLES, Michael A. Termodinámica: un enfoque ingenieril. 8 ed. México: McGraw-Hill, 2019.

ÇENGEL, Yunus A. y BOLES, Michael A. Thermodynamics: An engineering approach. 8 ed. New York: McGraw-Hill, 2015.

FERREIRA TOLEDO, Gabriel y PIOLI VIEIRA, Ronierik. Combining card games and laboratory practice to teach polymer reaction engineering to undergraduate students. En: Education for Chemical Engineers. 2026, vol. 54, p. 100496.

FELDER, Richard M. y BRENT, Rebecca. Teaching and learning STEM: A practical guide. San Francisco: Jossey-Bass, 2016.

FIGUEROA MÉNDEZ, Luis Enrique y ORTIZ BARRIENTOS, Jhony. Diseño e implementación de un curso virtual autoformativo (MOOC) como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los efectos térmicos en la asignatura de Termodinámica I en la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica.

FUENTES VIDAL, Tania Alexandra y RÍOS AGUILAR, Laura Camila. Gamificación como metodología de enseñanza híbrida para la asignatura Termodinámica I del programa de Ingeniería Química. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, 2024.

GARZÓN ARENAS, Cesar Leonel y LAMUS SIERRA, Wilmer Octavio. Tutorial multimedia educativo de termodinámica clásica aplicada a la ingeniería mecánica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2006.

GONG, Xiaochen y YE, Shihua. Not just the game: The impact of structural gamification on charitable donations. 2025.

GONZÁLEZ TORRES, A.; RAMÍREZ CASTAÑEDA, I. A. y BRAUER AGUILAR, M. S. Competencias digitales en estudiantes de ingeniería: Análisis del uso y percepción de herramientas tecnológicas. En: Revista Eduweb [en línea]. 2024, vol. 18, núm. 3, 30 de septiembre, p. 66–87.

GRIGORE, Petru-Iulian y TURCU, Corneliu Octavian. Evaluating the impact of virtual reality on student engagement and conceptual understanding in engineering education. 2025.

HARYADI, Rudi; PUJIASTUTI, Heni y UTOMO, Dhafid Wahyu. Interactive visualization of thermodynamic concepts through augmented reality to improve critical thinking. 2026.

HERRERA-PÉREZ, J. C. y OCHOA-LONDOÑO, E. D. Análisis de la relación entre educación y tecnología. En: Cultura Educación y Sociedad. 2022, vol. 13, no. 2, p. 47–68.

JIRÓN, M. Tecnología, ingeniería y ciclos de formación. En: Tecnura [en línea]. 2014, vol. 18, núm. 40, 1 de abril, p. 71–88.

KAPP, Karl M. The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

LIU, RunZe; BENITEZ, Jose; ZHANG, Lin; SHAO, Zhen y MI, JiaNing. Exploring the influence of gamification-enabled customer experience on continuance intention towards digital platforms for e-government: An empirical investigation. 2024.

MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (MINTIC). Colombia Programa [en línea]. Disponible en: <https://mintic.gov.co/colombiaprograma/847/w3-propertyvalue-1000095.html>

MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N.; BOETTNER, Daisie D. y BAILEY, Margaret B. Fundamentals of engineering thermodynamics. 9 ed. Hoboken: Wiley, 2018.

MUÑOZ PINZÓN, Sergio Antonio. Modelo educativo para el aprendizaje de la termodinámica apoyado en redes de información. Fase I. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2007.

PALOMINO CABALLERO, Eduard Augusto y IBARRA PRADO, Francis Guillermo. Reestructuración del material educativo computarizado para Termodinámica Química I. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, 2004.

PARRA MOSQUERA, Carlos Andrés. Las TIC y la educación en Colombia durante la década del noventa: alianzas y reacomodaciones entre el campo de las políticas educativas, el campo académico y el campo empresarial. En: Revista Educación y Pedagogía. Medellín: Universidad de Antioquia, 2012, vol. 24, núm. 62, enero-abril, p. 173–189.

PEREIRA ARIAS, Jesús Alejandro. Desarrollo de recurso interactivo en Genially para el apoyo académico en Termodinámica I en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2025. Trabajo de grado.

PRINCE, Michael. Does active learning work? A review of the research. En: Journal of Engineering Education. 2004, vol. 93, no. 3, p. 223–231.

RAMALLO, Milena; REPETTO, Elida Clara; GAYOSO, María Celia y GIACOMINO, Rosa. Ingeniería y sociedad: aportes de los estudios CTS a la formación de los ingenieros. En: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS. Buenos Aires: CONICET, 2019, vol. 14, núm. 41, p. 197–214.

RONAGHI, M. H. How does gamification affect smart city education? En: Asian Education and Development Studies. 2026, vol. 15, no. 2, p. 447–463.

TWINKL. Twinkl: recursos educativos digitales [en línea]. Disponible en: <https://www.twinkl.com.co/>

UNESCO. Tecnologías de la información y la comunicación en educación. París: UNESCO, 2019.

UNESCO. Reimagining our futures together: A new social contract for education. París: UNESCO Publishing, 2021.

XING, Wanli; HUANG, Xudong; LI, Chenglu y XIE, Charles. Teaching thermodynamics with augmented interaction and learning analytics. 2023.

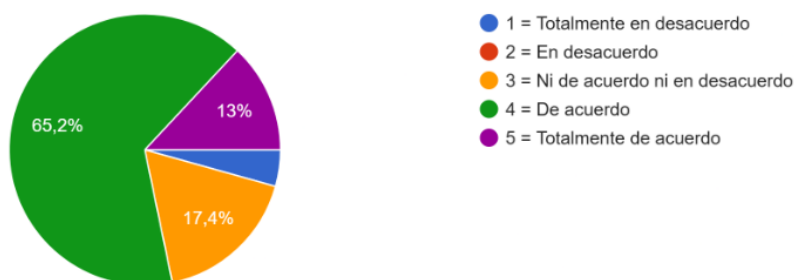
## ANEXOS

Esta sección presenta los apéndices que reúnen el material complementario, la estructura técnica y los instrumentos de validación pedagógica que sustentan el desarrollo del presente trabajo.

### Anexo 1. Pregunta número 1 prueba diagnóstica.

Comprendo con facilidad los conceptos fundamentales de la termodinámica.

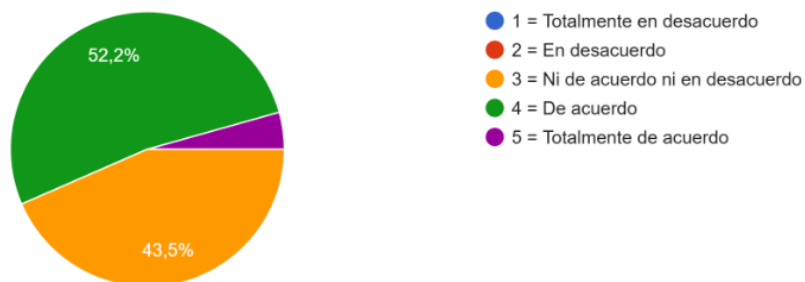
23 respuestas



### Anexo 2. Pregunta numero 2 prueba diagnóstica.

Me siento seguro al resolver problemas numéricos relacionados con propiedades termodinámicas.

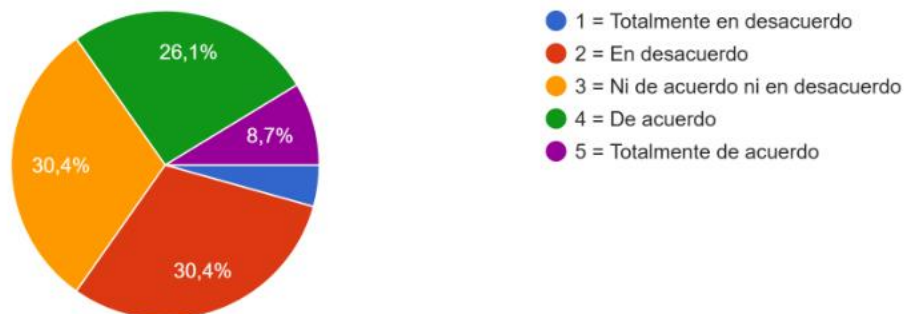
23 respuestas



### Anexo 3. Pregunta numero 3 prueba diagnóstica.

Tengo dificultades para interpretar tablas y datos termodinámicos.

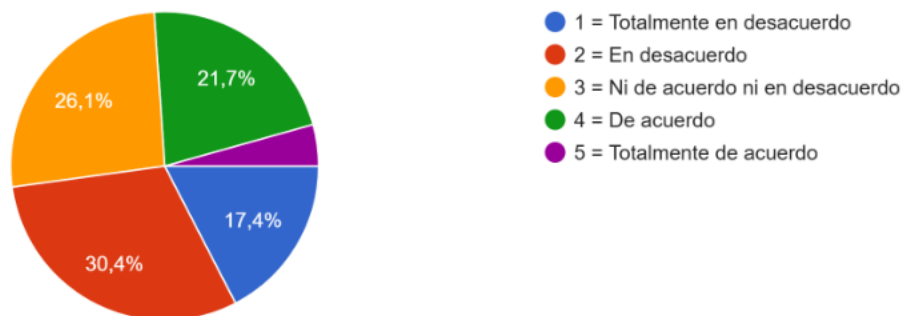
23 respuestas



### Anexo 4. Pregunta numero 4 prueba diagnóstica.

Considero que los recursos tradicionales (clase magistral, libro guía) son suficientes para comprender la asignatura.

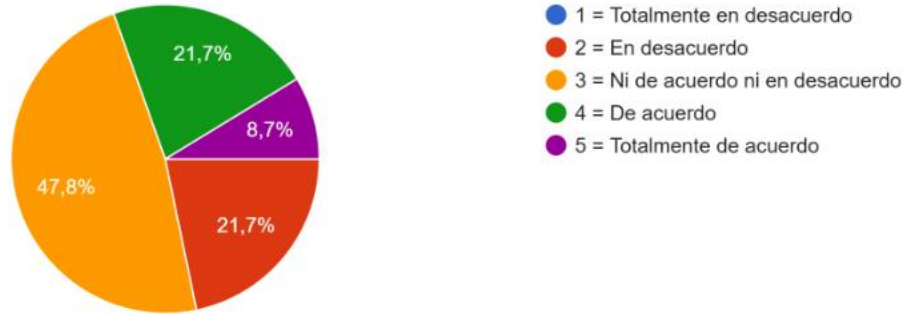
23 respuestas



### Anexo 5. Pregunta número 6 prueba diagnóstica.

La asignatura de termodinámica representa un alto nivel de dificultad para mí.

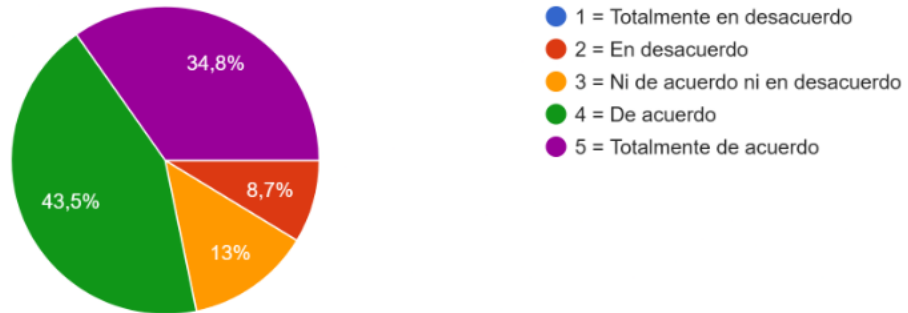
23 respuestas



### Anexo 6. Pregunta número 7 prueba diagnóstica.

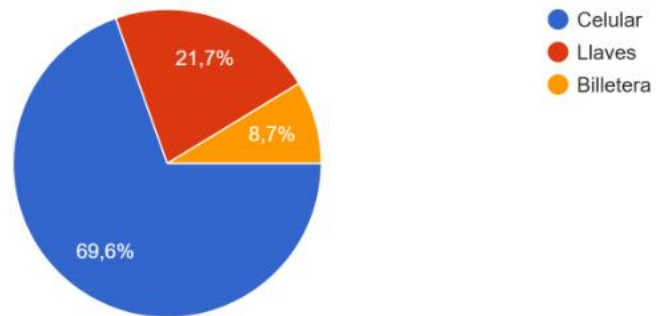
Accedo frecuentemente a recursos digitales para apoyar mi aprendizaje.

23 respuestas



## Anexo 7. Pregunta número 8 prueba diagnóstica.

Que objeto nunca deja antes de salir de la casa  
23 respuestas



## Anexo 8. Estructura de navegación de la aplicación mediante pestañas.



Anexo 9. Estructura de datos en formato JSON para propiedades termodinámicas (Parte 1).

```
    "sg",  
    ],  
    "rows": [  
      [  
        60.0,  
        -36.93460150093833,  
        0.000709823417298049,  
        0.31122732448836576,  
        3.8148351421709106,  
        205.3122292836212,  
        209.12706442579213,  
        3.8574245472085917,  
        223.94327934788944,  
        227.80070389509802,  
        0.016410417019349234,  
        0.9480469129906397,  
        0.9644573300099889  
      ],  
      [  
        60.02,  
        -36.92805169843285,  
        0.0007098330377381612,  
        0.31113003229637115,  
        3.8230806853457335,  
        205.30774323865805,  
        209.13082392400378,  
        3.8656848642706017,  
        223.93916359816524,  
        227.80484846243584,  
        0.016445325861987204,  
        0.9480032029550378,  
        0.964448528817025  
      ],  
    ]  
  ]  
}
```

Anexo 10. Estructura de datos en formato JSON para propiedades termodinámicas (Parte 2).

```
},  
{  
  "T": 115.0,  
  "v": 0.31387259610207835,  
  "u": 327.90873852437795,  
  "h": 359.2959981345857,  
  "s": 1.348263436187041  
},  
{  
  "T": 120.0,  
  "v": 0.31802885176402346,  
  "u": 332.46985641895446,  
  "h": 364.2727415953568,  
  "s": 1.3610031520069414  
},  
{  
  "T": 125.0,  
  "v": 0.3221815658792083,  
  "u": 337.0701115891934,  
  "h": 369.2882681771142,  
  "s": 1.373679892914535  
},  
{  
  "T": 130.0,  
  "v": 0.32633095494219605,  
  "u": 341.7093844893762,  
  "h": 374.3424799835958,  
  "s": 1.3862949864480683  
},  
{  
  "T": 135.0,  
  "v": 0.33047721885518216,  
  "u": 346.3875534018127,  
  "h": 379.43527528733085,  
  "s": 1.398919891187815
```

Anexo 11. Función de cálculo e implementación del motor termodinámico en la aplicación Termomec (Parte 1).

```
Future<void> _calculate() async {
  setState(() {
    result = null;
    error = null;
  });

  if (!useP && !useT) {
    setState(() => error = 'Debe activar Presión, Temperatura o ambas.');
```

return;

```
  }

  if ((useP && P == null) && (useT && T == null)) {
    setState(() => error = 'Ingrese al menos un valor numérico.');
```

return;

```
  }

  try {
    final fluidName = fluid == FluidChoice.water
      ? 'water_complete_ultra'
      : 'r134a_complete_ultra_ashrae';

    final data = await repo.getFluidData(fluidName);
    final engine = ThermoEngine(data);

    final r = engine.solve(
      P: useP ? P : null,
      T: useT ? T : null,
    );

    setState(() => result = r);
  } catch (e) {
    setState(() => error = e.toString());
  }
}
```

Anexo 12. Función de cálculo e implementación del motor termodinámico en la aplicación Termomec (Parte 2).

```
ThermoResult solve({double? P, double? T}) {  
    if (P == null && T == null) {  
        throw Exception('Debes ingresar P, T o ambas.');    }  
  
    _validateRange(P: P, T: T);  
  
    if (P != null && T == null) return _satFromP(P);  
    if (P == null && T != null) return _satFromT(T);  
  
    return _fromPT(P: P!, T: T!);  
}
```

Anexo 13. Implementación del método de interpolación bilineal en el cálculo de propiedades termodinámicas.

```
double lerp2({
    required double x,
    required double y,
    required double x0,
    required double x1,
    required double y0,
    required double y1,
    required double z00,
    required double z01,
    required double z10,
    required double z11,
}) {
    double dx = x1 - x0;
    double dy = y1 - y0;

    if (dx.abs() < 1e-12 || dy.abs() < 1e-12) {
        return (z00 + z01 + z10 + z11) / 4.0;
    }

    double wx = (x - x0) / dx;
    double wy = (y - y0) / dy;

    return (1 - wx) * (1 - wy) * z00 +
        wx * (1 - wy) * z10 +
        (1 - wx) * wy * z01 +
        wx * wy * z11;
}
```

Anexo 14. Implementación del método de interpolación bilineal en el cálculo de propiedades termodinámicas.

```
// INTERPOLACION NORMAL
final br = _bracketRows(sorted, tIdx, T);
final r0 = br.low;
final r1 = br.high;

final props = <String, double>{};

for (final col in sat.columns) {
    if (col == colName) continue;
    props[col] = lerp1(
        T,
        r0[tIdx],
        r1[tIdx],
        sat.getCell(r0, col),
        sat.getCell(r1, col),
    );
}

return ThermoResult(
    region: 'saturated',
    usedP: props['P'] ?? double.nan,
    usedT: T,
    props: props,
    note: 'Saturación por temperatura',
);
}
```

Anexo 15. Algoritmo de búsqueda en malla e interpolación de propiedades termodinámicas en función de presión y temperatura.

```
ThermoResult? _gridPTSolve(GridPT? grid, String region, double P, double T) {
    if (grid == null) return null;

    final sorted = [...grid.pressures]..sort((a, b) => a.P.compareTo(b.P));

    if (P < sorted.first.P || P > sorted.last.P) return null;

    PressureSlice s0 = sorted.first;
    PressureSlice s1 = sorted.last;

    for (int i = 0; i < sorted.length - 1; i++) {
        if (P >= sorted[i].P && P <= sorted[i + 1].P) {
            s0 = sorted[i];
            s1 = sorted[i + 1];
            break;
        }
    }

    final b0 = _bracketGridRows(s0.rows, T);
    final b1 = _bracketGridRows(s1.rows, T);

    final out = <String, double>{};

    for (final k in grid.properties) {
        out[k] = lerp2(
            x: P,
            y: T,
            x0: s0.P,
            x1: s1.P,
            y0: b0.low.T,
            y1: b0.high.T,
            z00: b0.low.props[k]!,

```

Anexo 16. Estructura de datos en formato JSON para propiedades termodinámicas.

```
ThermoResult _fromPT({required double P, required double T}) {
    final sup = _gridPTSolve(data.superheated, 'superheated', P, T);
    if (sup != null) return sup;

    final comp = _gridPTSolve(data.compressed, 'compressed', P, T);
    if (comp != null) return comp;

    throw Exception('Estado fuera del rango de tablas');
}
```

Anexo 17. Implementación de la función principal de cálculo y validación en la aplicación Termomec.

```
Future<void> _calculate() async {
    setState(() {
        result = null;
        error = null;
    });

    if (!useP && !useT) {
        setState(() => error = 'Debe activar Presión, Temperatura o ambas.');
```

```
        return;
    }

    if ((useP && P == null) && (useT && T == null)) {
        setState(() => error = 'Ingrese al menos un valor numérico.');
```

```
        return;
    }

    try {
        final fluidName = fluid == FluidChoice.water
            ? 'water_complete_ultra'
            : 'r134a_complete_ultra_ashrae';

        final data = await repo.getFluidData(fluidName);
        final engine = ThermoEngine(data);

        final r = engine.solve(
            P: useP ? P : null,
            T: useT ? T : null,
        );

        setState(() => result = r);
    } catch (e) {
        setState(() => error = e.toString());
    }
}
```

Anexo 18. Implementación de la interfaz de usuario para el ingreso de variables termodinámicas en la aplicación Termomec.

```
Widget _thermoTab() {
  return ListView(
    padding: const EdgeInsets.all(16),
    children: [
      InputCard(
        fluid: fluid,
        useP: useP,
        useT: useT,
        onFluidChanged: (v) => setState(() => fluid = v),
        onUsePChanged: (v) => setState(() => useP = v),
        onUseTChanged: (v) => setState(() => useT = v),
        onPChanged: (v) => P = v,
        onTChanged: (v) => T = v,
        onCalculate: _calculate,
      ), InputCard

      /// 🔥 NUEVO BLOQUE DE RANGOS
      _rangeInfo(),

      const SizedBox(height: 24),

      Container(
        decoration: BoxDecoration(
          borderRadius: BorderRadius.circular(20),
          color: Colors.white,
          boxShadow: [
            BoxShadow(
              color: Colors.black.withOpacity(0.15),
              blurRadius: 12,
              offset: const Offset(0, 6),
            ) BoxShadow
          ],
        ),
      ), BoxDecoration
    ],
  ),
}
```

Anexo 19. Implementación de la visualización de propiedades termodinámicas en estado saturado en la aplicación Termomec.

```
Widget _buildSaturated(BuildContext context) {
  final vf = _d('vf'), vg = _d('vg');
  final uf = _d('uf'), ug = _d('ug');
  final hf = _d('hf'), hg = _d('hg');
  final sf = _d('sf'), sg = _d('sg');

  final ufg = ug != null && uf != null ? ug - uf : null;
  final hfg = hg != null && hf != null ? hg - hf : null;
  final sfg = sg != null && sf != null ? sg - sf : null;

  return SingleChildScrollView(
    scrollDirection: Axis.horizontal,
    child: Row(
      children: [
        _column(context,
          width: 250,
          title: 'Líquido Saturado (f)',
          gradient: const LinearGradient(
            colors: [Color(0xFF3B82F6), Color(0xFF2563EB)], LinearGradient
          ),
          children: [
            _prop(context, 'vf', _fmt(vf, d: 7)),
            _prop(context, 'uf', _fmt(uf, d: 2)),
            _prop(context, 'hf', _fmt(hf, d: 2)),
            _prop(context, 'sf', _fmt(sf, d: 4)),
          ],
        ),
        const SizedBox(width: 16),
        _column(context,
          width: 250,
          title: 'Evaporación (fg)',
          gradient: const LinearGradient(
            colors: [Color(0xFFA78BFA), Color(0xFF7C3AED)], LinearGradient
          ),
          children: [
            _prop(context, 'ufg', _fmt(ufg, d: 1)),
            _prop(context, 'hfg', _fmt(hfg, d: 1)),
          ],
        ),
      ],
    ),
  );
}
```

Anexo 20. Implementación del campo de entrada de presión en la interfaz de la aplicación Termomec.

```
/// ===== PRESIÓN =====
Expanded(
  child: Column(
    crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
    children: [

      Row(
        children: [
          Expanded(
            child: Text('Presión (kPa)',
              style: Theme.of(context).textTheme.labelLarge), Text
          ), Expanded
        ],
        Switch(
          value: widget.useP,
          onChanged: (v) {
            widget.onUsePChanged(v);
            if (!v) _pFocus.unfocus();
          },
        ), Switch
      ],
    ), Row
  ),

  const SizedBox(height: 6),

  TextField(
    focusNode: _pFocus,
    enabled: widget.useP,
    keyboardType: TextInputType.number,
    decoration: InputDecoration(
      filled: true,
      fillColor: widget.useP
        ? Colors.white
        : Colors.grey.shade200,
      hintText: '101.325',
      border: OutlineInputBorder(
        borderRadius: BorderRadius.circular(12),
```

Anexo 21. Estructura de almacenamiento de propiedades termodinámicas del R134a en formato JSON.

```
1 {
2   "fluid": "r134a",
3   "reference_state": "ASHRAE",
4   "units": {
5     "P": "kPa",
6     "T": "C",
7     "v": "m3/kg",
8     "u": "kJ/kg",
9     "h": "kJ/kg",
10    "s": "kJ/kgK"
11  },
12  "sat_by_P": {
13    "columns": [
14      "P",
15      "Tsat",
16      "vf",
17      "vg",
18      "uf",
19      "ufg",
20      "ug",
21      "hf",
22      "hfg",
23      "hg",
24      "sf",
25      "sfg",
26      "sg"
27    ],
28    "rows": [
29      [
30        60.0,
31        -36.93460150093833,
32        0.000709823417298049,
33        0.31122732448836576,
34        3.8148351421709106,
```

Anexo 22. Datos tabulados de propiedades termodinámicas del R134a almacenados en formato JSON.

```
    ],
    "sg":
  ],
  "rows": [
    [
      60.0,
      -36.93460150093833,
      0.000709823417298049,
      0.31122732448836576,
      3.8148351421709106,
      205.3122292836212,
      209.12706442579213,
      3.8574245472085917,
      223.94327934788944,
      227.80070389509802,
      0.016410417019349234,
      0.9480469129906397,
      0.9644573300099889
    ],
    [
      60.02,
      -36.92805169843285,
      0.0007098330377381612,
      0.31113003229637115,
      3.8230806853457335,
      205.30774323865805,
      209.13082392400378,
      3.8656848642706017,
      223.93916359816524,
      227.80484846243584,
      0.016445325861987204,
      0.9480032029550378,
      0.964448528817025
    ],
  ]
}
```

Anexo 23. Datos tabulados de propiedades termodinámicas del R134a almacenados en formato JSON.

```
},
{
  "T": 115.0,
  "v": 0.31387259610207835,
  "u": 327.90873852437795,
  "h": 359.2959981345857,
  "s": 1.348263436187041
},
{
  "T": 120.0,
  "v": 0.31802885176402346,
  "u": 332.46985641895446,
  "h": 364.2727415953568,
  "s": 1.3610031520069414
},
{
  "T": 125.0,
  "v": 0.3221815658792083,
  "u": 337.0701115891934,
  "h": 369.2882681771142,
  "s": 1.373679892914535
},
{
  "T": 130.0,
  "v": 0.32633095494219605,
  "u": 341.7093844893762,
  "h": 374.3424799835958,
  "s": 1.3862949864480683
},
{
  "T": 135.0,
  "v": 0.33047721885518216,
  "u": 346.3875534018127,
  "h": 379.43527528733085,
```

Anexo 24. Método de resolución del motor termodinámico en función de las variables de entrada.

```
ThermoResult solve({double? P, double? T}) {  
    if (P == null && T == null) {  
        throw Exception('Debes ingresar P, T o ambas.');    }  
  
    _validateRange(P: P, T: T);  
  
    if (P != null && T == null) return _satFromP(P);  
    if (P == null && T != null) return _satFromT(T);  
  
    return _fromPT(P: P!, T: T!);  
}
```

Anexo 25. Implementación del método de interpolación lineal para el cálculo de propiedades termodinámicas.

```
double lerp1(double x, double x0, double x1, double y0, double y1) {  
    double dx = x1 - x0;  
    if (dx.abs() < 1e-12) return (y0 + y1) / 2.0;  
  
    return (y0 * (x1 - x) + y1 * (x - x0)) / dx;  
}
```

Anexo 26. Implementación de interpolación en tablas de saturación en función de la temperatura.

```
// INTERPOLACION NORMAL
final br = _bracketRows(sorted, tIdx, T);
final r0 = br.low;
final r1 = br.high;

final props = <String, double>{};

for (final col in sat.columns) {
    if (col == colName) continue;
    props[col] = lerp1(
        T,
        r0[tIdx],
        r1[tIdx],
        sat.getCell(r0, col),
        sat.getCell(r1, col),
    );
}

return ThermoResult(
    region: 'saturated',
    usedP: props['P'] ?? double.nan,
    usedT: T,
    props: props,
    note: 'Saturación por temperatura',
);
}
```

Anexo 27. Implementación del método de interpolación bilineal para el cálculo de propiedades termodinámicas.

```
double lerp2({
    required double x,
    required double y,
    required double x0,
    required double x1,
    required double y0,
    required double y1,
    required double z00,
    required double z01,
    required double z10,
    required double z11,
}) {
    double dx = x1 - x0;
    double dy = y1 - y0;

    if (dx.abs() < 1e-12 || dy.abs() < 1e-12) {
        return (z00 + z01 + z10 + z11) / 4.0;
    }

    double wx = (x - x0) / dx;
    double wy = (y - y0) / dy;

    return (1 - wx) * (1 - wy) * z00 +
        wx * (1 - wy) * z10 +
        (1 - wx) * wy * z01 +
        wx * wy * z11;
}
```

Anexo 28. Implementación del método de interpolación bilineal.

```
ThermoResult? _gridPTSolve(GridPT? grid, String region, double P, double T) {
    if (grid == null) return null;

    final sorted = [...grid.pressures]..sort((a, b) => a.P.compareTo(b.P));

    if (P < sorted.first.P || P > sorted.last.P) return null;

    PressureSlice s0 = sorted.first;
    PressureSlice s1 = sorted.last;

    for (int i = 0; i < sorted.length - 1; i++) {
        if (P >= sorted[i].P && P <= sorted[i + 1].P) {
            s0 = sorted[i];
            s1 = sorted[i + 1];
            break;
        }
    }

    final b0 = _bracketGridRows(s0.rows, T);
    final b1 = _bracketGridRows(s1.rows, T);

    final out = <String, double>{};

    for (final k in grid.properties) {
        out[k] = lerp2(
            x: P,
            y: T,
            x0: s0.P,
            x1: s1.P,
            y0: b0.low.T,
            y1: b0.high.T,
            z00: b0.low.props[k]!,
```

Anexo 29. Implementación del método de interpolación bilineal.

```
ThermoResult _fromPT({required double P, required double T}) {  
  final sup = _gridPTSolve(data.superheated, 'superheated', P, T);  
  if (sup != null) return sup;  
  
  final comp = _gridPTSolve(data.compressed, 'compressed', P, T);  
  if (comp != null) return comp;  
  
  throw Exception('Estado fuera del rango de tablas');  
}
```

Anexo 30. Implementación de la visualización de propiedades termodinámicas en estado saturado en la aplicación Termomec.

```
Widget _buildSaturated(BuildContext context) {  
  final vf = _d('vf'), vg = _d('vg');  
  final uf = _d('uf'), ug = _d('ug');  
  final hf = _d('hf'), hg = _d('hg');  
  final sf = _d('sf'), sg = _d('sg');  
  
  final ufg = ug != null && uf != null ? ug - uf : null;  
  final hfg = hg != null && hf != null ? hg - hf : null;  
  final sfg = sg != null && sf != null ? sg - sf : null;  
  
  return SingleChildScrollView(  
    scrollDirection: Axis.horizontal,  
    child: Row(  
      children: [  
        _column(context,  
          width: 250,  
          title: 'Líquido Saturado (f)',  
          gradient: const LinearGradient(  
            colors: [Color(0xFF3B82F6), Color(0xFF2563EB)], LinearGradient  
            children: [  
              _prop(context, 'vf', _fmt(vf, d: 7)),  
              _prop(context, 'uf', _fmt(uf, d: 2)),  
              _prop(context, 'hf', _fmt(hf, d: 2)),  
              _prop(context, 'sf', _fmt(sf, d: 4)),  
            ],  
          ),  
        const SizedBox(width: 16),  
        _column(context,  
          width: 250,  
          title: 'Evaporación (fg)',  
          gradient: const LinearGradient(  
            colors: [Color(0xFFA78BFA), Color(0xFF7C3AED)], LinearGradient  
            children: [  

```

Anexo 31. Implementación de la visualización de propiedades termodinámicas en estado saturado en la aplicación Termomec.

```
Widget _buildPT(BuildContext context) {  
  final region = result.region.toLowerCase();  
  final isSuperheated = region == 'superheated';  
  
  final gradient = isSuperheated  
    ? const LinearGradient(  
      colors: [Color(0xFFF59E0B), Color(0xFFD97706))] LinearGradient  
      : const LinearGradient(  
      colors: [Color(0xFF2B6BFF), Color(0xFF1D4ED8)]; LinearGradient  
  
  return _column(  
    context,  
    width: double.infinity,  
    title: _regionLabel(result.region),  
    gradient: gradient,  
    children: result.props.entries.map((e) {  
      return _prop(context, e.key, e.value.toStringAsFixed(4));  
    }).toList(),  
  );  
}
```

Anexo 32. Validación de entradas y ejecución del cálculo de propiedades termodinámicas en la aplicación Termomec.

```
Future<void> _calculate() async {
  setState(() {
    result = null;
    error = null;
  });

  if (!useP && !useT) {
    setState(() => error = 'Debe activar Presión, Temperatura o ambas.');
    return;
  }

  if ((useP && P == null) && (useT && T == null)) {
    setState(() => error = 'Ingrese al menos un valor numérico.');
    return;
  }

  try {
    final fluidName = fluid == FluidChoice.water
      ? 'water_complete_ultra'
      : 'r134a_complete_ultra_ashrae';

    final data = await repo.getFluidData(fluidName);
    final engine = ThermoEngine(data);

    final r = engine.solve(
      P: useP ? P : null,
      T: useT ? T : null,
    );

    setState(() => result = r);
  } catch (e) {
    setState(() => error = e.toString());
  }
}
```

Anexo 33. Integración del formulario de entrada y bloque de visualización de rangos en la interfaz de la aplicación Termomec.

```
Widget _thermoTab() {
  return ListView(
    padding: const EdgeInsets.all(16),
    children: [
      InputCard(
        fluid: fluid,
        useP: useP,
        useT: useT,
        onFluidChanged: (v) => setState(() => fluid = v),
        onUsePChanged: (v) => setState(() => useP = v),
        onUseTChanged: (v) => setState(() => useT = v),
        onPChanged: (v) => P = v,
        onTChanged: (v) => T = v,
        onCalculate: _calculate,
      ), InputCard

      /// 🔥 NUEVO BLOQUE DE RANGOS
      _rangeInfo(),

      const SizedBox(height: 24),

      Container(
        decoration: BoxDecoration(
          borderRadius: BorderRadius.circular(20),
          color: Colors.white,
          boxShadow: [
            BoxShadow(
              color: Colors.black.withOpacity(0.15),
              blurRadius: 12,
              offset: const Offset(0, 6),
            ) BoxShadow
          ],
        ),
      ), BoxDecoration
    ],
  ),
}
```

Anexo 34. Implementación de la presentación de propiedades de líquido, vapor y cambio de fase en estado saturado.

```
Widget _buildSaturated(BuildContext context) {  
  final vf = _d('vf'), vg = _d('vg');  
  final uf = _d('uf'), ug = _d('ug');  
  final hf = _d('hf'), hg = _d('hg');  
  final sf = _d('sf'), sg = _d('sg');  
  
  final ufg = ug != null && uf != null ? ug - uf : null;  
  final hfg = hg != null && hf != null ? hg - hf : null;  
  final sfg = sg != null && sf != null ? sg - sf : null;  
  
  return SingleChildScrollView(  
    scrollDirection: Axis.horizontal,  
    child: Row(  
      children: [  
        _column(context,  
          width: 250,  
          title: 'Líquido Saturado (f)',  
          gradient: const LinearGradient(  
            colors: [Color(0xFF3B82F6), Color(0xFF2563EB)], LinearGradient  
          children: [  
            _prop(context, 'vf', _fmt(vf, d: 7)),  
            _prop(context, 'uf', _fmt(uf, d: 2)),  
            _prop(context, 'hf', _fmt(hf, d: 2)),  
            _prop(context, 'sf', _fmt(sf, d: 4)),  
          ]),  
        const SizedBox(width: 16),  
        _column(context,  
          width: 250,  
          title: 'Evaporación (fg)',  
          gradient: const LinearGradient(  
            colors: [Color(0xFFA788FA), Color(0xFF7C3AED)], LinearGradient  
          children: [  
            _prop(context, 'ufg', _fmt(ufg, d: 1)),  
            _prop(context, 'hfg', _fmt(hfg, d: 1)),  
          ]),  
      ],  
    ),  
  );  
}
```

Anexo 35. Visualización de resultados según la región termodinámica.

```
/// ===== PRESION =====
Expanded(
  child: Column(
    crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
    children: [
      Row(
        children: [
          Expanded(
            child: Text('Presión (kPa)',
              style: Theme.of(context).textTheme.labelLarge), Text
          ), Expanded
          Switch(
            value: widget.useP,
            onChanged: (v) {
              widget.onUsePChanged(v);
              if (!v) _pFocus.unfocus();
            },
          ), Switch
        ],
      ), Row
      const SizedBox(height: 6),
      TextField(
        focusNode: _pFocus,
        enabled: widget.useP,
        keyboardType: TextInputType.number,
        decoration: InputDecoration(
          filled: true,
          fillColor: widget.useP
            ? Colors.white
            : Colors.grey.shade200,
          hintText: '101.325',
          border: OutlineInputBorder(
            borderRadius: BorderRadius.circular(12),
```

Anexo 36. Visualización de resultados según la región termodinámica.

```
Future<void> _calculate() async {
  setState(() {
    result = null;
    error = null;
  });

  if (!useP && !useT) {
    setState(() => error = 'Debe activar Presión, Temperatura o ambas.');
```

return;

```
  }

  if ((useP && P == null) && (useT && T == null)) {
    setState(() => error = 'Ingrese al menos un valor numérico.');
```

return;

```
  }

  try {
    final fluidName = fluid == FluidChoice.water
      ? 'water_complete_ultra'
      : 'r134a_complete_ultra_ashrae';

    final data = await repo.getFluidData(fluidName);
    final engine = ThermoEngine(data);

    final r = engine.solve(
      P: useP ? P : null,
      T: useT ? T : null,
    );

    setState(() => result = r);
  } catch (e) {
    setState(() => error = e.toString());
  }
}
```

Anexo 37. Implementación de la función de interpolación lineal utilizada en el motor de cálculo termodinámico.

```
double lerp1(double x, double x0, double x1, double y0, double y1) {
    double dx = x1 - x0;
    if (dx.abs() < 1e-12) return (y0 + y1) / 2.0;

    return (y0 * (x1 - x) + y1 * (x - x0)) / dx;
}
```

Anexo 38. Validación de entrada y control de errores en la aplicación.

```
double lerp2({
    required double x,
    required double y,
    required double x0,
    required double x1,
    required double y0,
    required double y1,
    required double z00,
    required double z01,
    required double z10,
    required double z11,
}) {
    double dx = x1 - x0;
    double dy = y1 - y0;

    if (dx.abs() < 1e-12 || dy.abs() < 1e-12) {
        return (z00 + z01 + z10 + z11) / 4.0;
    }

    double wx = (x - x0) / dx;
    double wy = (y - y0) / dy;

    return (1 - wx) * (1 - wy) * z00 +
        wx * (1 - wy) * z10 +
        (1 - wx) * wy * z01 +
        wx * wy * z11;
}
```

Anexo 39. Implementación del cálculo de la calidad (x) y entalpía en mezclas saturadas.

```
void _calculate() {  
  
    setState(() {  
        result = null;  
        error = null;  
    });  
  
    try {  
  
        final hf = _parse(hfCtrl.text);  
        final hg = _parse(hgCtrl.text);  
  
        final hasH = hCtrl.text.trim().isNotEmpty;  
        final hasX = xCtrl.text.trim().isNotEmpty;  
  
        if (hasH && hasX) {  
            error = "Deje vacio H o X para calcular.";  
            return;  
        }  
  
        if (!hasH && !hasX) {  
            error = "Debe dejar una variable vacia.";  
            return;  
        }  
  
        if (!hasH) {  
            final x = _parse(xCtrl.text);  
            final h = hf + x * (hg - hf);  
  
            result = "H = ${h.toStringAsFixed(6)}";  
        }  
        else {  
            final h = _parse(hCtrl.text);  
            final x = (h - hf) / (hg - hf);  
        }  
    }  
}
```

Anexo 40. Contenido temático de la materia de Termodinámica I.

<b>CONTENIDO</b>
1. Conceptos fundamentales de termodinámica
1.1. Termodinámica y Energía
1.2. Campos de aplicación de la Termodinámica
1.3. Enfoque clásico, Enfoque estadístico
1.4. Dimensiones y unidades de medida (lectura por parte del estudiante)
1.5. Sistemas cerrados y volumen de control
1.6. Formas de energía
1.7. Propiedades de un sistema Termodinámico
1.8. Estado termodinámico y equilibrio
1.9. Procesos y ciclos Termodinámicos
1.10. El postulado de estado (lectura por parte del estudiante)
1.11. Presión, Volumen y Temperatura. Definiciones
1.12. Ley cero de la termodinámica
2. Propiedades de las sustancias puras
2.1. Sustancia pura y Sustancia simple compresible
2.2. Fases de una sustancia pura
2.3. Procesos de cambio de estado
2.4. Diagramas de propiedades para procesos con cambios de fase

Anexo 41. Temas tratados en cada módulo.

**Módulo 0:** Conceptos básicos y Propiedades de las sustancias puras

**Módulo 1:** Primera ley de la termodinámica

**Módulo 2:** Segunda ley de la termodinámica

Anexo 42. Definiciones amigables en las presentaciones.

The slide is titled "Prefijos" and features a green background. On the left, there is a circular icon with the letters "SI" inside. Below the icon, a text block explains the importance of prefixes in the SI system. On the right, a table lists various prefixes with their corresponding powers of ten and symbols. At the bottom right, there is a green button labeled "SIGUIENTE →".

Los **prefijos** del Sistema Internacional en termodinámica son importantes porque **permiten expresar valores muy grandes o muy pequeños** de forma clara y evitar errores en los cálculos. Gracias a ellos, las unidades se manejan con mayor precisión y los problemas se resuelven de manera más sencilla y ordenada.

Factor	Prefix	Symbol
$10^{12}$	tera	T
$10^9$	giga	G
$10^6$	mega	M
$10^3$	kilo	k
$10^2$	hecto	h
$10^{-2}$	centi	c
$10^{-3}$	milli	m
$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^{-9}$	nano	n
$10^{-12}$	pico	p

genially

Anexo 43. Tarjetas interactivas en las presentaciones en Genially.

The slide is titled "Dimensiones y Unidades" and features a white background with four green interactive cards. Each card contains an icon, a dimension name, and its symbol. At the bottom left, the text "Escuela Ing. Mecánica Termodinámica 1" is displayed. At the bottom right, there is a green button labeled "SIGUIENTE →".

Longitud (L)

Tiempo (t)

Masa (m)

Temperatura (T)

Escuela Ing. Mecánica Termodinámica 1

genially

Anexo 44. Imágenes presentes en las diapositivas de Genially.

☰

Sustancia Pura

➤

**Sustancia pura y fase:**

Es una sustancia que tiene una composición química fija y uniforme, la cual no cambia aunque se encuentre en diferentes fases. Una sustancia pura puede estar formada por un solo componente o por una mezcla con composición constante. Ejemplos de sustancias puras son el agua, el nitrógeno, el helio, el dióxido de carbono, el refrigerante R134a y el aire.

Fase: Es una cantidad de materia homogénea, es decir, que tiene la misma composición química y la misma estructura física en toda su extensión, como sólido, líquido o vapor. Un sistema puede tener una o varias fases dependiendo de cómo estén combinadas sus sustancias.

Escuela Ing. Mecánica

Termodinámica 1

SIGUIENTE ➔

Anexo 45. PDF del solucionario.

Ejercicios primer corte.pdf
de 40

*Ejercicio #1*

**3-22** Complete esta tabla para el H<sub>2</sub>O:

T, °C	P, kPa	v, m <sup>3</sup> /kg	Descripción de fase
50	12,352	7,72	Sólido
193,61	400	0,46242	Vapor saturado
250	500	0,47443	Vapor sobrecalentado
110	350	0,001052	Líquido Comprimado

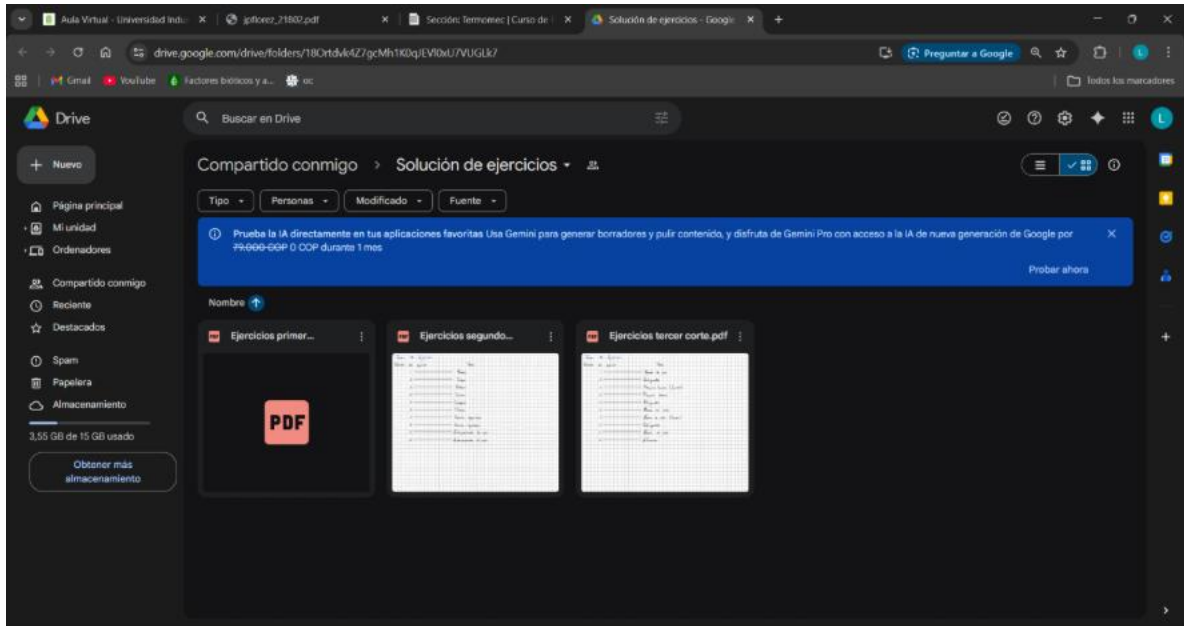
*Para el 1)*

**TABLA B-4**

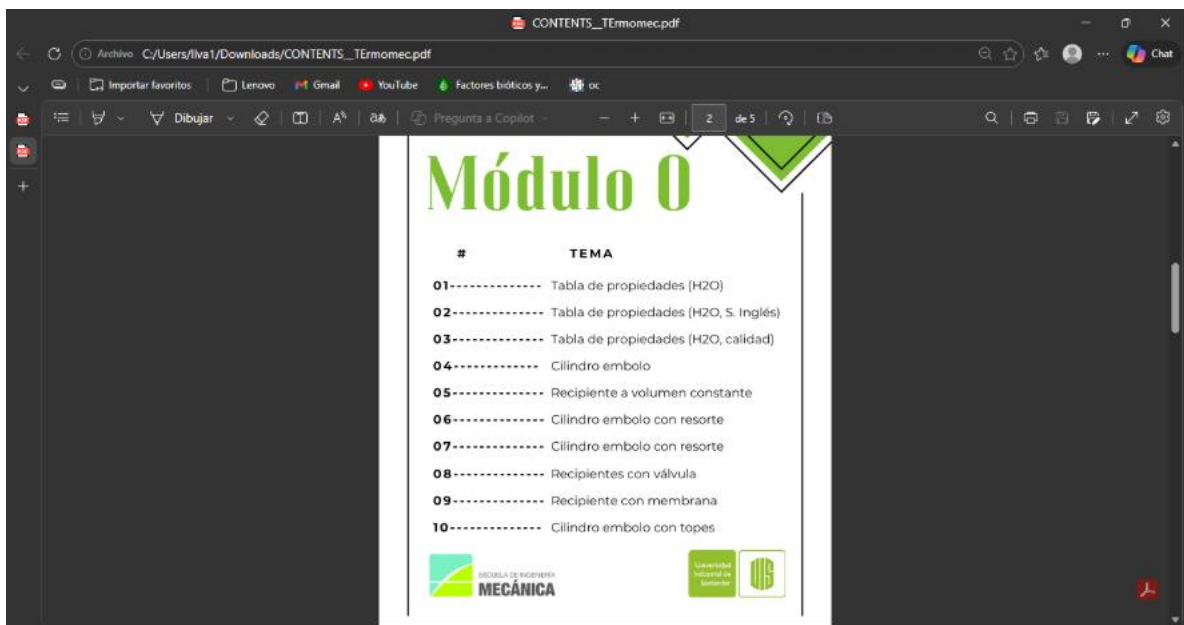
*Agua saturada. Toda de temperatura*

Temp. T, °C	Presión saturada P <sub>s</sub> , kPa		Energía específica, m <sup>3</sup> /kg		Energía interna, kJ/kg		Entalpía, kJ/kg		Entropía, kJ/kg · K	
	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor
	$P_s$	$P_g$	$v_f$	$v_g$	$u_f$	$u_g$	$h_f$	$h_g$	$s_f$	$s_g$
0	0,000611	0,000611	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
5	0,000612	0,000612	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
10	0,000613	0,000613	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
15	0,000614	0,000614	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
20	0,000615	0,000615	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
25	0,000616	0,000616	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
30	0,000617	0,000617	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
35	0,000618	0,000618	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
40	0,000619	0,000619	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
45	0,000620	0,000620	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
50	0,000621	0,000621	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
55	0,000622	0,000622	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
60	0,000623	0,000623	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
65	0,000624	0,000624	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
70	0,000625	0,000625	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
75	0,000626	0,000626	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
80	0,000627	0,000627	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
85	0,000628	0,000628	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
90	0,000629	0,000629	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
95	0,000630	0,000630	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556
100	0,000631	0,000631	0,000999	206,19	0,0001	2375,3	0,0001	2375,3	0,0001	9,1556

## Anexo 46. Carpeta de Google Drive de solucionarios.



## Anexo 47. Temario de Termomec.



Anexo 48. Demostración de donde salen los datos de las tablas termodinámicas.

Para el 5)

**TABLA A-4**  
Agua saturada. Tabla de temperaturas (continuación)

Temp., T °C	Pres. sat., P <sub>sat</sub> kPa	Volumen específico, m <sup>3</sup> /kg			Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vapor sat., v <sub>g</sub>	Vapor sat., v <sub>fg</sub>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., sat., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., sat., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., sat., s <sub>fg</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
205	1724.3	0.001164	0.11508	872.86	1723.5	2595.4	874.87	1900.0	2794.8	2.3776	4.0154	6.3930	
210	1907.7	0.001173	0.10429	895.38	1702.9	2598.5	897.61	1899.7	2797.3	2.4245	3.9318	6.3563	
215	2105.9	0.001181	0.09460	918.02	1681.9	2599.9	920.50	1878.8	2799.3	2.4712	3.8489	6.3200	
220	2315.6	0.001190	0.086094	940.79	1662.5	2601.3	943.55	1857.4	2801.0	2.5176	3.7664	6.2840	
225	2543.7	0.001199	0.078405	963.70	1643.6	2602.3	966.76	1835.4	2802.2	2.5639	3.6844	6.2483	
230	2791.1	0.001209	0.071505	986.96	1625.3	2602.9	990.14	1812.8	2802.9	2.6103	3.6028	6.2128	
235	3062.5	0.001219	0.065300	1010.0	1593.2	2603.2	1013.7	1790.5	2803.2	2.6560	3.5216	6.1775	
240	3347.0	0.001229	0.059707	1033.4	1569.8	2603.1	1037.6	1768.5	2803.0	2.7018	3.4405	6.1424	
245	3644.2	0.001240	0.054606	1056.9	1545.7	2602.7	1061.5	1746.8	2802.5	2.7475	3.3596	6.1072	
250	3953.5	0.001252	0.050000	1080.7	1521.1	2602.8	1085.7	1725.3	2801.6	2.7931	3.2786	6.0721	

Como nos dicen que tenemos una temperatura de 250 y una presión de 500, cuando la presión que nos dan es menor a la presión de saturación a la temperatura dada significa que el fluido ya se evapora y se sobrecalienta, por lo tanto pasamos a las tablas de vapor sobrecalentado.

**Tabla A6**  
Vapor de agua sobrecalentado

T °C	v m <sup>3</sup> /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
250	0.0216	2602.8	2801.6	6.0721

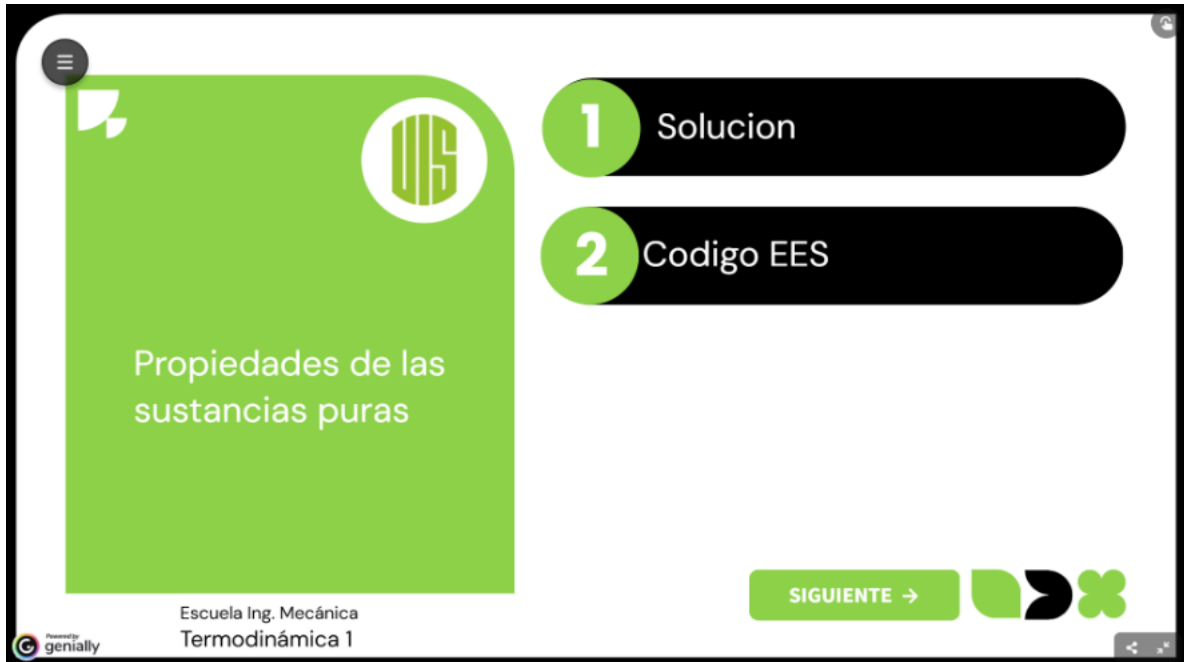
Anexo 49. Comentarios explicativos de color verde.

**TABLA A-4**  
Agua saturada. Tabla de temperaturas

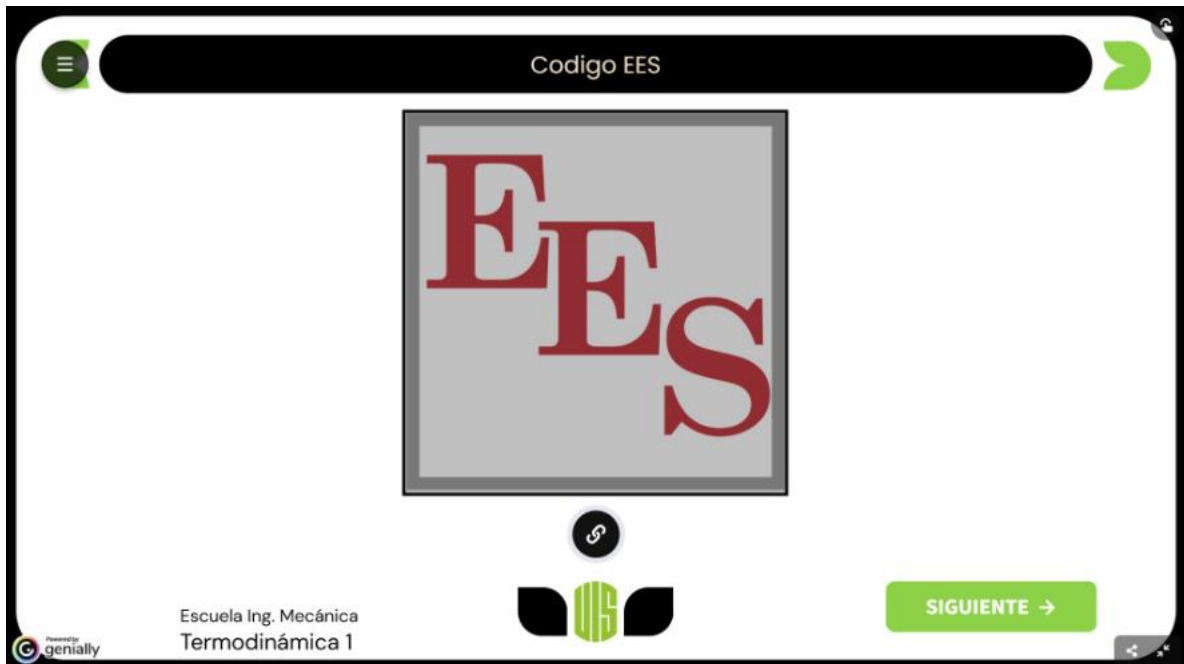
Temp., T °C	Pres. sat., P <sub>sat</sub> kPa	Volumen específico, m <sup>3</sup> /kg			Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vapor sat., v <sub>g</sub>	Vapor sat., v <sub>fg</sub>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., sat., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., sat., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., sat., s <sub>fg</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556	
5	0.8725	0.001000	147.03	21.018	2360.8	2381.8	21.019	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0250	
10	1.2281	0.001000	109.32	42.025	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999	
15	1.7057	0.001001	77.881	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803	
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661	
25	3.1698	0.001003	43.340	104.80	2304.3	2409.1	104.81	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5507	
30	4.2468	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4330	
35	5.6291	0.001006	25.225	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3117	
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.1956	
45	9.5993	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6388	7.5247	8.0833	
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3716	7.9748	
55	15.753	0.001015	9.5639	230.26	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2238	7.8698	
60	19.947	0.001017	7.6870	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0809	7.7682	
65	24.943	0.001020	6.1935	272.00	2190.3	2462.4	272.02	2345.4	2617.5	0.8937	6.9400	7.6696	
70	31.252	0.001023	5.0298	292.80	2175.8	2468.9	292.82	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.5740	
75	38.97	0.001026	4.1291	313.59	2161.3	2475.3	313.63	2320.6	2634.6	1.0158	6.6555	7.4812	
80	47.416	0.001029	3.4053	334.37	2146.6	2481.6	334.42	2308.0	2643.0	1.0756	6.5105	7.3911	
85	57.468	0.001032	2.8261	355.16	2131.9	2487.8	355.22	2295.3	2651.4	1.1346	6.3639	7.3035	
90	69.183	0.001035	2.3593	375.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2153	7.2182	
95	82.676	0.001040	1.9868	396.80	2102.0	2500.1	398.79	2269.6	2667.6	1.2504	6.0647	7.1351	
100	98.014	0.001043	1.6720	417.66	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	5.9120	7.0542	
105	115.20	0.001047	1.4186	438.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.7579	6.9752	
110	134.26	0.001052	1.2180	458.29	2056.4	2517.7	460.92	2229.7	2691.1	1.4189	5.6020	6.8982	
115	155.21	0.001057	1.0360	478.02	2040.9	2523.3	482.09	2216.0	2698.6	1.4737	5.4450	6.8229	
120	178.07	0.001062	0.88133	503.40	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.2873	6.7502	

Como la presión que nos dan es mayor a la presión de sat se encuentra en líquido comprimido y en tal caso se aproximan las propiedades a las de sat debido a que no varían.

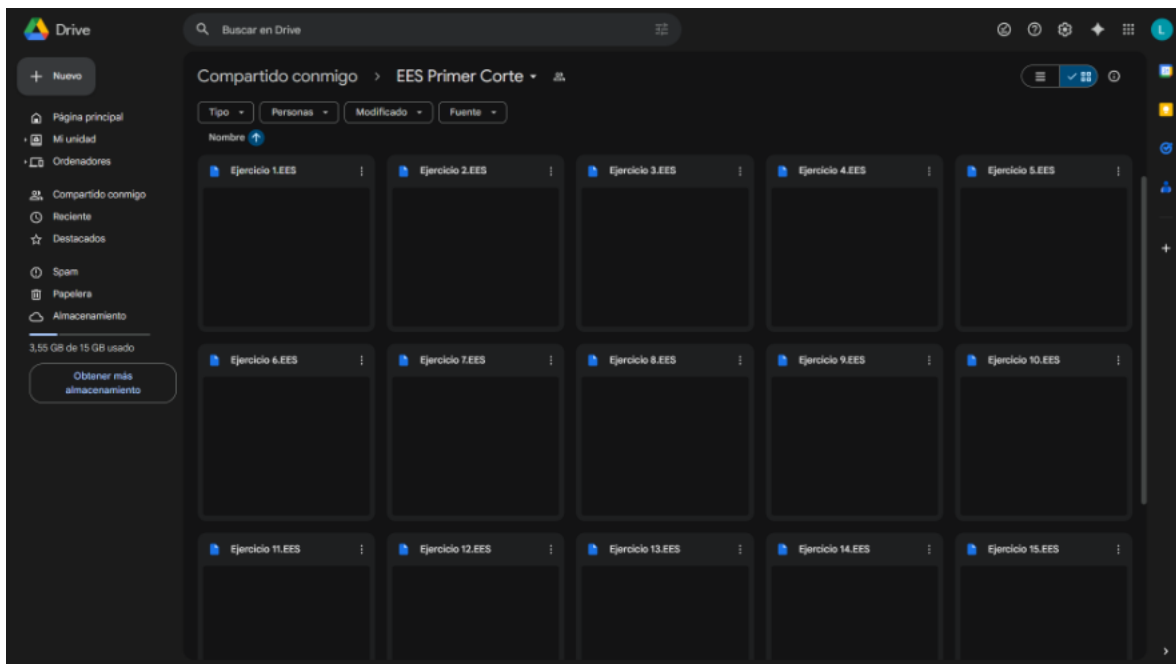
Anexo 50. Diapositiva de división entre el solucionario y los códigos en EES.



Anexo 51. Diapositiva con botón interactivo de Google Drive.



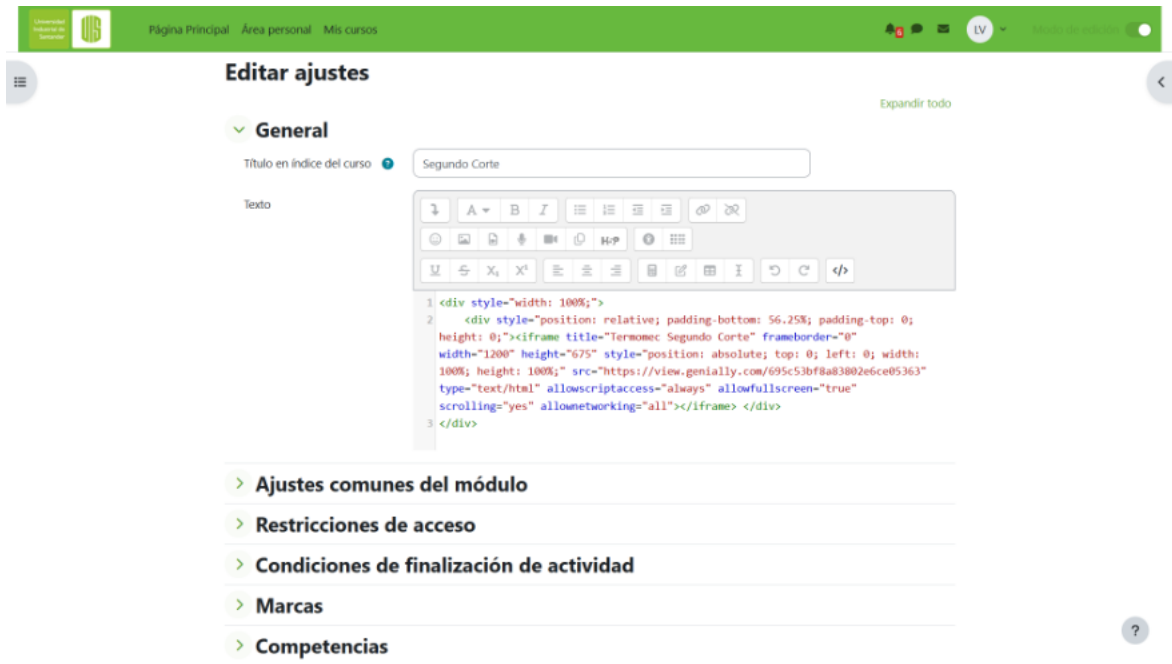
## Anexo 52. Carpeta de Google Drive con los ejercicios en EES.



## Anexo 53. Pestaña de Termomec en el Moodle.



## Anexo 54. Código de iframe pegado en el apartado de HTML.



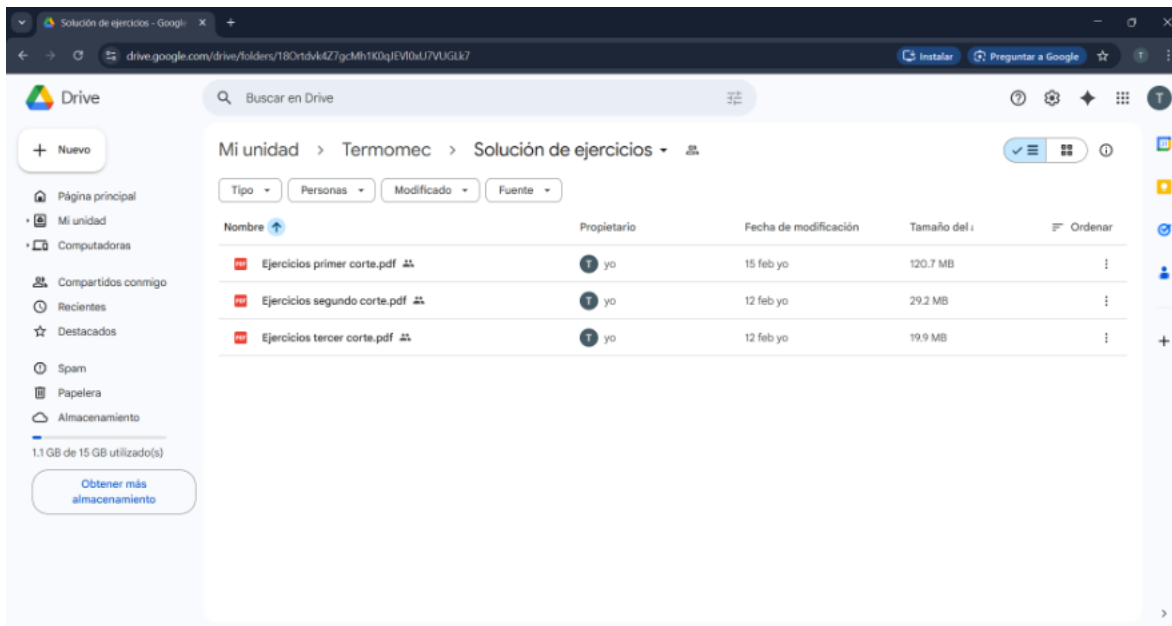
The screenshot shows a web interface for editing course settings. The title is "Editar ajustes". Under the "General" section, the course title is "Segundo Corte". Below this is a rich text editor with a toolbar and a code view. The code view shows the following HTML:

```
1 <div style="width: 100%;">
2   <div style="position: relative; padding-bottom: 56.25%; padding-top: 0;
   height: 0;"><iframe title="Termomec Segundo Corte" frameborder="0"
   width="1200" height="675" style="position: absolute; top: 0; left: 0; width:
   100%; height: 100%;" src="https://view.genially.com/695c53bf8a83802e6ce05363"
   type="text/html" allowscriptaccess="always" allowfullscreen="true"
   scrolling="yes" allownetworking="all"></iframe> </div>
3 </div>
```

Below the code editor are several expandable sections:

- > Ajustes comunes del módulo
- > Restricciones de acceso
- > Condiciones de finalización de actividad
- > Marcas
- > Competencias

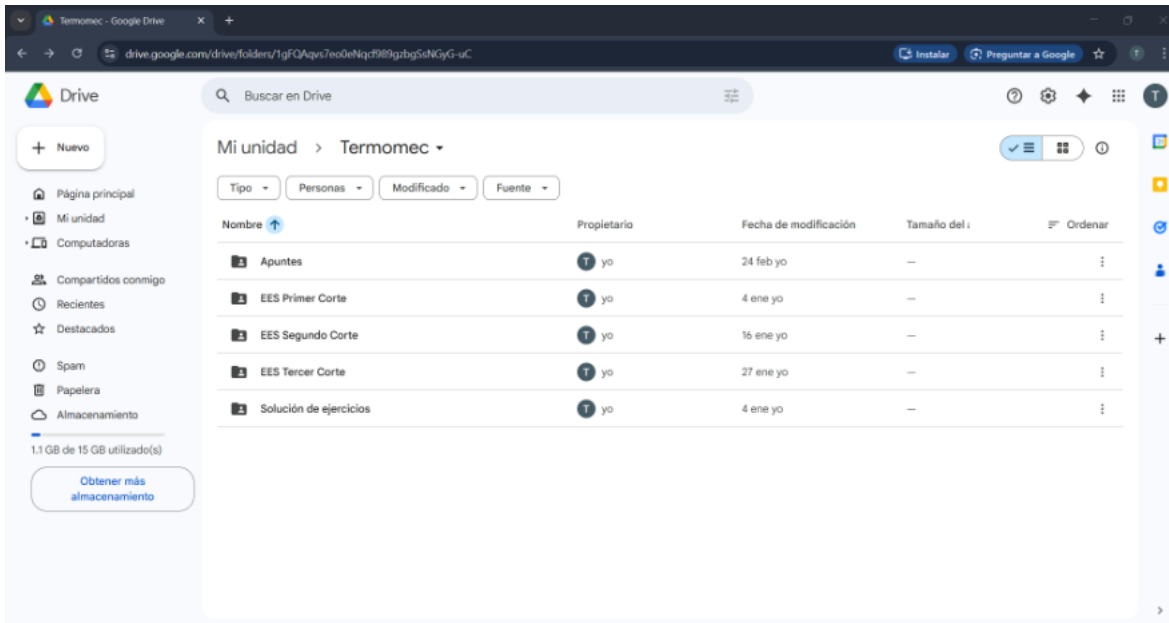
## Anexo 55. Carpeta de Google Drive con solucionarios.



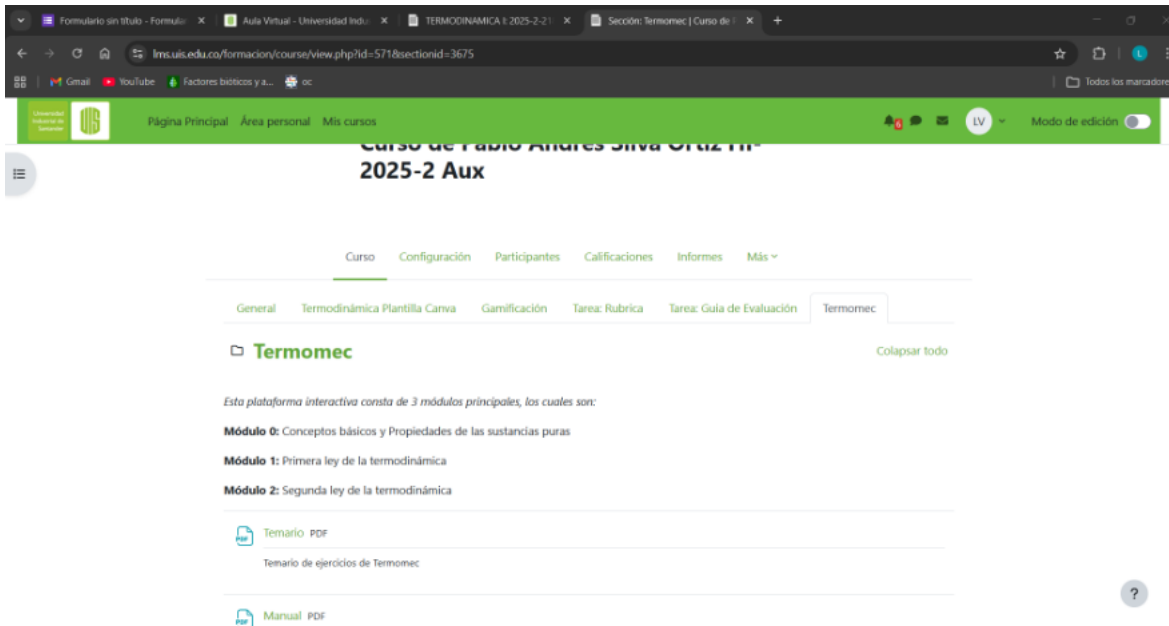
The screenshot shows a Google Drive folder named "Solución de ejercicios" under the "Termomec" unit. The folder contains three PDF files:

Nombre	Propietario	Fecha de modificación	Tamaño del archivo	Ordenar
Ejercicios primer corte.pdf	yo	15 feb yo	120.7 MB	
Ejercicios segundo corte.pdf	yo	12 feb yo	29.2 MB	
Ejercicios tercer corte.pdf	yo	12 feb yo	19.9 MB	

## Anexo 56. Carpetas de EES para cada módulo.



## Anexo 57. Pestaña de Termomec en Moodle.



Anexo 58. Encabezado utilizado en la encuesta.

## Encuesta de percepción sobre el uso de recursos digitales para el aprendizaje de Termodinámica I

La siguiente encuesta tiene como objetivo conocer la percepción de los estudiantes sobre el uso de la plataforma interactiva y la aplicación móvil desarrolladas como apoyo al aprendizaje de la asignatura Termodinámica I.

La información recopilada será utilizada únicamente con fines académicos dentro del desarrollo del presente trabajo de grado.

Anexo 59. Preguntas de uso de la plataforma.

⋮

1. ¿Utilizó la plataforma interactiva desarrollada para el curso de Termodinámica I?

- Sí
- No

2. ¿Con qué frecuencia utilizó la plataforma durante su estudio?

- Muy frecuentemente
- Frecuentemente
- Ocasionalmente
- Rara vez
- Nunca

Anexo 60. Preguntas de facilidad de uso de la plataforma interactiva.

3. La plataforma es fácil de usar.

1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆

4. La navegación dentro de la plataforma es clara y organizada.

1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆

5. Los recursos interactivos facilitan la comprensión de los temas.

1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆

## Anexo 61. Preguntas de utilidad para el aprendizaje.

6. Los ejercicios disponibles ayudan a reforzar los conceptos de Termodinámica I.

1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆

---

7. El solucionario de ejercicios permite comprender mejor los procedimientos de resolución.

1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆

---

8. Los ejercicios con variación de variables (EES) facilitan la práctica y el aprendizaje.

1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆

---

9. Considero que los recursos digitales mejoran el proceso de estudio de la asignatura.

1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆

Anexo 62. Preguntas de satisfacción general.

☰

10. En general, ¿qué tan satisfecho se encuentra con la plataforma desarrollada?

Muy satisfecho

Satisfecho

Neutral

Insatisfecho

Muy insatisfecho

---

11. ¿Recomendaría el uso de esta plataforma a otros estudiantes de Termodinámica I?

Sí

No

Tal vez

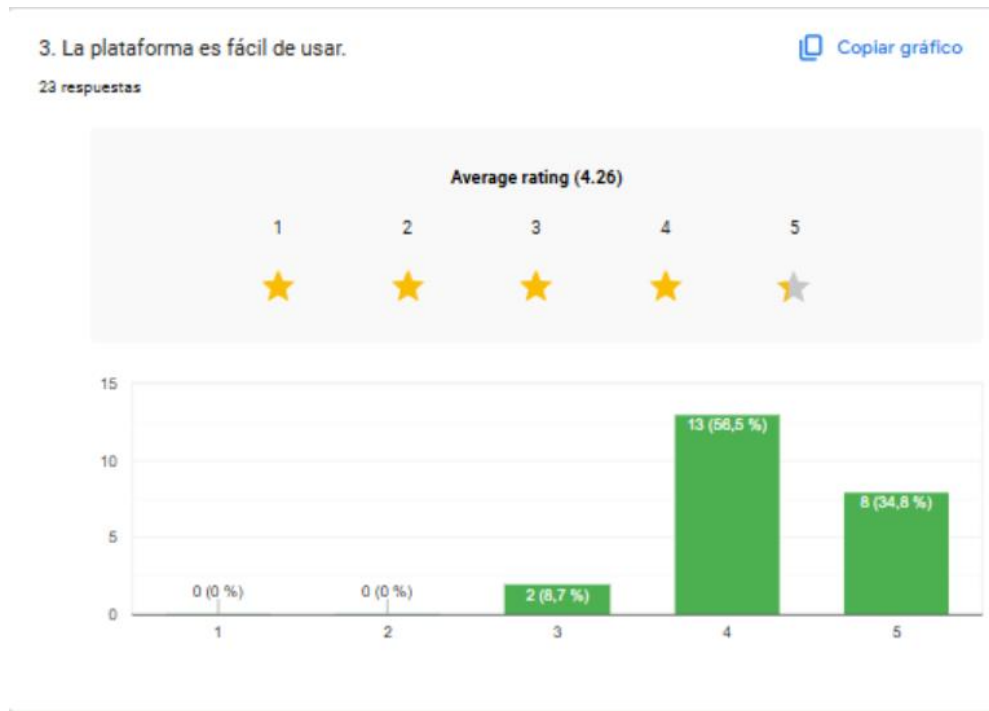
---

12. ¿Qué aspectos de la plataforma considera que podrían mejorarse?

Texto de respuesta corta

.....

Anexo 63. Resultado de la pregunta 3 sobre facilidad de uso.

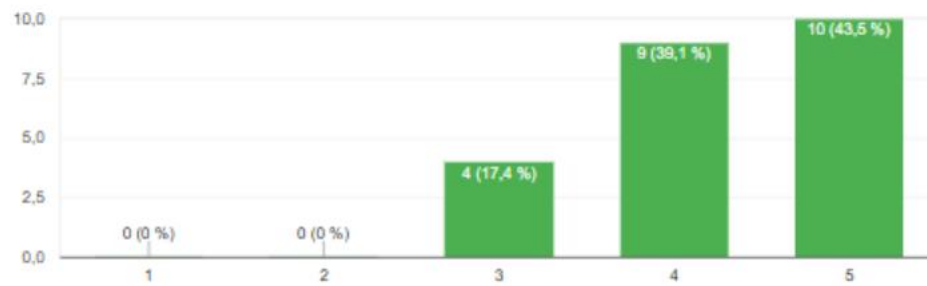


## Anexo 64. Resultado de la pregunta 4 sobre facilidad de uso.

4. La navegación dentro de la plataforma es clara y organizada.

 Copiar gráfico

23 respuestas



## Anexo 65. Resultado de la pregunta 5 sobre facilidad de uso.

5. Los recursos interactivos facilitan la comprensión de los temas.

[Copiar gráfico](#)

23 respuestas



Anexo 66. Resultado de la pregunta 6 sobre utilidad para el aprendizaje.



Anexo 67. Resultado de la pregunta 7 sobre utilidad para el aprendizaje.



Anexo 68. Resultado de la pregunta 8 sobre utilidad para el aprendizaje.

8. Los ejercicios con variación de variables (EES) facilitan la práctica y el aprendizaje.

[Copiar gráfico](#)

23 respuestas



Anexo 69. Resultado de la pregunta 9 sobre utilidad para el aprendizaje.

9. Considero que los recursos digitales mejoran el proceso de estudio de la asignatura.

[Copiar gráfico](#)

23 respuestas



