



**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO**  
DESARROLLO ARQUITECTÓNICO DE UN SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN  
DE PROCESOS TERMODINÁMICOS.

**AUTORES**

DIEGO MANUEL PIMIENTO LEON - 1096228832

LUIS JULIÁN SÁNCHEZ GARCÍA - 1096218426

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS  
INGENIERIA ELECTROMECHANICA  
FECHA DE PRESENTACIÓN: 05/11/2019



**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO**  
DESARROLLO ARQUITECTÓNICO DE UN SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN DE  
PROCESOS TERMODINÁMICOS.

**AUTORES**

DIEGO MANUEL PIMIENTO LEON - 1096228832

LUIS JULIÁN SÁNCHEZ GARCÍA - 1096218426

**Trabajo de Grado para optar al título de**  
**INGENIERO ELECTROMECHANICO**

**DIRECTOR**

LEIDYS MARLEYN RODRÍGUEZ CASTRO

**CODIRECTOR**

ALEXIS LOPEZ FIGUEROA

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN – DIANOIA**

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS  
INGENIERIA ELECTROMECHANICA  
BARRANCABERMEJA

FECHA DE PRESENTACIÓN: 05/11/2019

Nota de Aceptación

Trabajo de grado titulado: DESARROLLO  
ARQUITECTÓNICO DE UN SOFTWARE PARA LA  
SIMULACIÓN DE PROCESOS TERMODINÁMICOS.

Presentado por: DIEGO MANUEL PIMIENTO LEON

LUIS JULIÁN SÁNCHEZ GARCÍA. Para optar el título  
de Ingeniero Electromecánico.

---

---

---

---

---

  
Firma del jurado

---

Firma del Jurado

## DEDICATORIA

*A Dios* por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. A mi madre.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

### **DIEGO MANUEL PIMIENTO LEON**

Agradezco primeramente a Dios que siempre está a mi lado, por permitirme superar cada obstáculo a lo largo de mi carrera, llenarme día a día de sus grandes bendiciones, a mis familiares, en especial a mis padres que gracias a su apoyo, consejos y confianza pude culminar esta etapa de mi vida, de igual modo a mi hermano, amigos y compañeros de estudio que siempre estuvieron para brindarme su amistad en los momentos más difíciles

### **LUIS JULIÁN SÁNCHEZ GARCÍA**

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a DIOS creador del universo, que nos brindó y nos seguirá dando la sabiduría necesaria para continuar el camino correcto y superarnos cada vez más en nuestro campo profesional y personal. Agradecemos a nuestra familia que siempre está presente en nuestros logros y juegan un papel importante en la toma de nuestras decisiones, su apoyo incondicional, las palabras de superación y esfuerzo que son día a día de suma importancia en el proceso de aprendizaje.

El más sincero agradecimiento a los profesores de las Unidades Tecnológicas De Santander Sede Barrancabermeja por la paciencia tenida, y resolver las dudas presentadas en el desarrollo del proyecto, por brindarnos la oportunidad de culminar la carrera. Agradecemos a nuestros amigos que siempre estuvieron apoyándonos de una u otra manera para que no perdiéramos el objetivo principal y culmináramos con éxito la profesión.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN EJECUTIVO .....	16
INTRODUCCIÓN .....	18
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	20
1.3. OBJETIVOS .....	21
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES .....	22
2. MARCOS REFERENCIALES .....	32
2.1. MARCO HISTÓRICO .....	32
2.2. MARCO TEÓRICO .....	34
2.3. MARCO CONCEPTUAL .....	42
2.4. MARCO LEGAL .....	52
3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO .....	56
3.1. ELABORAR UNA BASE DE DATOS DONDE SE ENCUENTREN LAS TABLAS Y LAS VARIABLES TERMODINÁMICAS PARA QUE EL SOFTWARE LOGRE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS TERMODINÁMICOS. ....	56
3.2. REALIZAR LA ARQUITECTURA Y LA INTERFAZ GRÁFICA DEL SOFTWARE SELECCIONADO PROGRAMANDO EL INTERIOR DE CADA BLOQUE PARA LA RESOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES TERMODINÁMICAS. 90	
3.2.1. Comparación cálculo matemático con variables arrojadas por el software Matlab .....	141
3.2.2. Solución mediante matlab .....	155

3.2.3. Comparación de resultados matemáticos con los arrojados por el software matlab.....	160
3.3. ESTRUCTURAR UNA GUÍA PARA LA OPERACIÓN DEL SOFTWARE Y EJECUTARLO CON LOS ESTUDIANTES DE LA TECNOLOGÍA E INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA PARA IDENTIFICAR LOS BENEFICIOS QUE OFRECE EL SOFTWARE.....	162
3.3.1. Evidencia de actividades realizadas con los estudiantes de tecnología e ingeniería electromecánica con el fin de identificar los beneficios del software. .	198
4. RESULTADOS .....	204
5. CONCLUSIONES .....	205
6. RECOMENDACIONES .....	207
BIBLIOGRAFÍA .....	209
ANEXOS .....	212

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Regresión lineal orden 0 .....	81
Figura 2. Regresión lineal 1er orden .....	82
Figura 3. Regresión lineal 2do orden .....	83
Figura 4. Regresión lineal 3er orden .....	84
Figura 5. Regresión lineal 4to orden .....	85
Figura 6. Regresión lineal 5to orden .....	86
Figura 7. Regresión lineal 6to orden .....	87
Figura 8. Descripción ejecución de ecuación en software.....	89
Figura 9. Calculo de las propiedades para la tobera en matlab .....	100
Figura 10. Página principal para la elección del proceso de la tobera .....	101
Figura 11. Cilindro pistón.....	110
Figura 12. Cilindro pistón.....	111
Figura 13. Turbinas. ....	112
Figura 14. Turbina. ....	113
Figura 15. Difusor.....	119
Figura 16. Difusor.....	120
Figura 17. Tubos .....	125
Figura 18. Tubo.....	126
Figura 19. Compresor.....	130
Figura 20. Compresor.....	131
Figura 21. Intercambiador de calor.....	140
Figura 22. Intercambiador de calor.....	141
Figura 23. Difusor .....	142
Figura 24. Tobera.....	145
Figura 25. Turbina de vapor .....	147

Figura 26. Intercambiador de calor.....	149
Figura 27. Cilindro piston.....	152
Figura 28. Tuberia .....	153
Figura 29. Solución Matlab tobera.....	155
Figura 30. Solución Matlab turbinas .....	156
Figura 31. Solución Matlab difusor .....	157
Figura 32. Solución Matlab intercambiador de calor .....	158
Figura 33. Solución Matlab cilindro pistón .....	159
Figura 34. Solución Matlab tubos .....	160
Figura 35. Icono de Matlab en escritorio. ....	162
Figura 36. Inicio de Matlab .....	163
Figura 37. Selección del archivo Termopro .....	164
Figura 38. Simulación procesos termodinámicos .....	165
Figura 39. Tobera.....	166
Figura 40. Tobera.....	168
Figura 41. Calculo de temperatura y velocidad .....	169
Figura 42. Cilindro piston.....	172
Figura 43. Calculo de volumen y calor cilindro piston.....	173
Figura 44. Cilindro piston.....	174
Figura 45. Calculo de trabajo en turbinas.....	176
Figura 46. Variables de entrada y salida .....	177
Figura 47. Calculo de trabajo y flujo masico en turbinas .....	178
Figura 48. Difusor .....	180
Figura 49. Difusor.....	181
Figura 50. Difusor .....	182
Figura 51. Calculo de flujo volumétrico tubos .....	185
Figura 52. Area y diámetro de tuberia .....	186
Figura 53. Calculo de energía perdida .....	187
Figura 54. Compresor.....	189

Figura 55. Potencia compresor .....	190
Figura 56. Intercambiador de calor.....	192
Figura 57. Intercambiador de calor.....	193
Figura 58. Calculadora de propiedades.....	194
Figura 59. Propiedades agua saturada IS.....	195
Figura 60. Propiedades Gas ideal aire IS.....	196
Figura 61. Estado IS.....	197
Figura 62. Evidencia estudiantes ingeniería y tecnología electromecánica .....	198
Figura 63. Evidencia fotografía ingeniería y tecnología electromecánica.....	199
Figura 64. En una escala del 1 al 5, donde 1 es “nada interesante” y 5 “muy interesante”. ¿Cómo considera el software?.....	199
Figura 65. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen el software?.....	200
Figura 66. ¿Considera que cuenta con las herramientas necesarias para el aprendizaje en la asignatura de termodinamica?.....	200
Figura 67. ¿Conoce o ha utilizado un software de simulación de procesos termodinamicos? .....	201
Figura 68. Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje .....	201
Figura 69. Pregunta 1 - 3.....	202
Figura 70. ¿Califique los siguientes items del software TERMOPRO? .....	203
Figura 71. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?.....	203

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Formulas termodinámicas para la tobera .....	57
Tabla 2. Formulas termodinámicas para el cilindro embolo .....	57
Tabla 3. Formulas termodinámicas para la turbina .....	58
Tabla 4. Formulas termodinámicas para tuberías .....	58
Tabla 5. Formulas termodinámicas para el compresor.....	59
Tabla 6. Formulas termodinámicas para el intercambiador de calor .....	59
Tabla 7. Agua saturada tabla de temperaturas 0.01°C – 200°C (Sistema internacional).....	60
Tabla 8. Agua saturada tabla de temperaturas 205°C – 373.95°C (Sistema internacional).....	61
Tabla 9. Agua saturada tabla de presiones 1 kPa – 750 kPa (Sistema internacional).....	62
Tabla 10. Agua saturada tabla de presiones 800 kPa – 22064 kPa (Sistema internacional).....	63
Tabla 11. Agua saturada tabla de temperaturas 32,018°F –390°F (Sistema ingles) .....	64
Tabla 12. Agua saturada tabla de temperaturas 400°F –705,100°F (Sistema ingles) .....	65
Tabla 13. Agua saturada tabla de presiones 1 psi – 600 psi (Sistema ingles) .....	66
Tabla 14. Agua saturada tabla de presiones 700 psi – 3200.1 psi (Sistema ingles) .....	67
Tabla 15. Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 0,01 MPa – 0,8 MPa (Sistema internacional).....	68
Tabla 16. Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 1 MPa – 3,50 MPa (Sistema internacional).....	69

Tabla 17. Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 4 MPa – 12,5 MPa (Sistema internacional).....	70
Tabla 18. Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 15 MPa – 60 MPa (Sistema internacional).....	71
Tabla 19. Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 1 psi – 100 psi (Sistema ingles).....	72
Tabla 20. Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 120 psi – 300 psi (Sistema ingles).....	73
Tabla 21. Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 350 psi – 1250 psi (Sistema ingles).....	74
Tabla 22. Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 1500 psi – 6000 psi (Sistema ingles).....	75
Tabla 23. Propiedades de gas ideal del aire tabla de temperaturas 200°K – 1240°K (Sistema internacional).....	76
Tabla 24. Propiedades de gas ideal del aire tabla de temperaturas 1260°K – 2250°K (Sistema internacional).....	77
Tabla 25. Propiedades de gas ideal del aire tabla de temperaturas 360°R – 3950°R (Sistema ingles).....	78
Tabla 26. Propiedades de gas ideal del aire tabla de temperaturas 4000°R – 5300°R (Sistema ingles).....	79
Tabla 27. Promedio de error.....	81
Tabla 28. Promedio error 1er orden .....	82
Tabla 29. Error promedio 2do orden .....	83
Tabla 30. Error promedio 3er orden .....	84
Tabla 31. Error promedio 4to orden .....	85
Tabla 32. Error promedio 5to orden .....	86
Tabla 33. Error promedio 6to orden .....	87
Tabla 34. Código presentación inicial del software .....	91
Tabla 35. Código ejecución proceso de tobera .....	94

Tabla 36. Código ejecución proceso de cilindro pistón .....	101
Tabla 37. Código ejecución proceso de Difusor. ....	113
Tabla 38. Código ejecución proceso del Tubos.....	120
Tabla 39. Compresor.....	126
Tabla 40. Intercambiador de calor .....	131
Tabla 41. Comparación de resultados.....	161

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Encuesta docente.....	212
Anexo 2. Estudiantes ingeniería electromecánica antes de utilizar el software...	213
Anexo 3. Estudiantes de ingeniería electromecánica después de utilizar el software .....	216
Anexo 4. Estudiantes de Tecnología electromecánica antes de utilizar el software .....	221
Anexo 5. Aplicación de encuesta estudiantes tecnología electromecánica después de utilizar el software.....	235
Anexo 6. Datos tabla agua saturada (sistema internacional y sistema ingles) ....	249
Anexo 7. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para volumen específico (sistema internacional) .....	255
Anexo 8. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para energía interna (sistema internacional) .....	261
Anexo 9. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para entalpía (sistema internacional).....	267
Anexo 10. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para entropía (sistema internacional).....	273
Anexo 11. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para volumen específico (sistema ingles) .....	279
Anexo 12. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para energía interna (sistema ingles) .....	285
Anexo 13. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para entalpia (sistema ingles).....	290
Anexo 14. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para entropía (sistema ingles).....	296

Anexo 15. Código de datos tabla de gas ideal del aire entalpia (sistema internacional).....	301
Anexo 16. Código de datos tabla de gas ideal del aire energía interna (sistema internacional).....	301
Anexo 17. Código ejecución proceso de turbina. ....	301

## RESUMEN EJECUTIVO

En las últimas décadas la implementación de sistemas gráficos que permitan la representación de datos, generalmente numéricos arrojados por los equipos, se ha tornado en una herramienta indispensable para las industrias, las cuales buscan frecuentemente un sistema eficiente y factible, que facilite el diagnóstico a escala nominal de las variables de interés requeridas para dar cumplimiento óptimo a las actividades diarias. Es así como la implementación de nuevos parámetros que conlleven a dicho cumplimiento, se ha convertido en un tema para los campos ingenieriles encargados de analizar cada uno de los sistemas termodinámicos.

La presente investigación se basa en el desarrollo arquitectónico de un software para la simulación de procesos termodinámicos que sirve como herramienta para la resolución de ejercicios prácticos de la asignatura de termodinámica facilitando al estudiante las tareas de una forma eficiente, además de mejorar el desempeño académico.

Se emplea una metodología descriptiva que comprende la investigación de diversas teorías con relación a los comandos y parámetros requeridos para la estructuración y control del software de modelación de procesos termodinámicos. De la misma forma, mediante una guía de usuario se establece la caracterización, conceptos, métodos de aplicación e indicaciones de funcionamiento como ayuda para los estudiantes de la carrera electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja.

De igual forma, se busca unificar los temas implementados en clase con los procesos llevados a cabo en la industria, con el propósito de fomentar y ampliar en el estudiante la capacidad de efectuar un diagnóstico en campo, que comprende la identificación y clasificación del software de modelación donde se establezca las

variables como temperatura, presión, entalpía, entropía, y calor que son utilizadas en las leyes termodinámicas.

**Palabras claves:** Arquitectonico, software, simulación, termodinamica.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la innovación y avance tecnológico ha sufrido un aumento a gran velocidad, convirtiéndose en un factor altamente necesario para la realización de múltiples oficios cotidianos del ser humano, ya sea a través del uso de máquinas operativas, programas lógicos y software para el control de sistemas. En relación con la tecnología, la sistematización también ha dado grandes pasos para ayudar a la sociedad en operaciones rutinarias que por lo general son desgastantes

Se busca un sistema que permita la representación de datos, generalmente numéricos arrojados por los equipos, debe ser un sistema eficiente y factible, que facilite el diagnóstico a escala nominal de las variables de interés requeridas para dar cumplimiento óptimo a sus actividades diarias. Por tal razón se establece como alternativa de solución la realización de un proyecto investigativo enfocado en el desarrollo arquitectónico de un software para la simulación de procesos termodinámicos, el cual da cabida al análisis gráfico con relación a los resultados matemáticos obtenidos.

Además de la selección adecuada del software, se da a conocer un modelo de guía junto con la codificación y arquitectura de las múltiples leyes termodinámicas brindando la habilidad de dar un manejo óptimo a las ventajas que ofrece un software computarizado socializando los parámetros de instalación y uso. Igualmente, dará marcha a la documentación de sistemas de desarrollo en el campo de la ingeniería, los cuales están enfocados a los objetivos, con el fin de lograr aplicar un enfoque de análisis, identificación de elementos y caracterización del modelo arquitectónico del software para la simulación de procesos termodinámicos.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la innovación y avance tecnológico ha incrementado vertiginosamente, convirtiéndose en un factor altamente necesario para el ser humano en gran parte de la ejecución de sus actividades cotidianas, ya sea a través del uso de máquinas operativas, programas lógicos y software para el control de sistemas. En paralelo con la tecnología, la sistematización también ha dado grandes pasos para ayudar a la sociedad en operaciones rutinarias que por lo general son desgastantes (Cortez & Saballos, 2017).

La profesional del área electromecánica impartida en las Unidades Tecnológicas de Santander se ha caracterizado por el desarrollo, control e inclusión de procesos industriales, a los que se les debe la adaptación, medición y monitoreo de equipos lo cual involucra el desarrollo de las competencias adquiridas con relación al diseño, cálculo de variables y manejo de procesos termodinámicos. Teniendo en cuenta que la institución no implementa métodos estratégicos de aprendizaje alternos a la explicación teórica y conceptual de leyes en las áreas termodinámicas se ha visto que los estudiantes del ciclo profesional del programa en ingeniería electromecánica no identifican claramente como las variables de estado caracterizan el sistema real en objeto de estudio.

Se plantea un interrogante ¿Cómo desarrollar un software computarizado que contribuya con el aprendizaje práctico de los procesos termodinámicos para los estudiantes del ciclo profesional del programa ingeniería electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La termodinámica se describe como calor en movimiento y, se encuentra diariamente en la vida cotidiana, desde los calentadores de agua, intercambiadores de calor, hasta las grandes empresas que emplean el uso de los sistemas para mover calderas que permitan la generación de energía eléctrica y transmisión de movimiento, a sistemas encargados de efectuar el desplazamiento de fluidos que hacen parte de los estados termodinámicos.

Los procesos son de vital importancia en el conocimiento práctico de un estudiante de electromecánica al momento de enfrentarse al ámbito laboral; hasta el momento en las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja se ha impartido en la asignatura de termodinámica temáticas que incluyen la solución de modelos matemáticos, los cuales solo son abordados de forma analítica, representando la elaboración de extensos procesos matemáticos para la resolución de los mismos.

A partir de lo señalado anteriormente, se establece como alternativa de solución la realización de un proyecto investigativo direccionado al desarrollo arquitectónico de un software para la simulación de procesos termodinámicos, el cual da cabida al análisis gráfico con relación a los resultados matemáticos obtenidos. Sin dejar de lado que el sistema que se pretende desarrollar brindará una herramienta al docente que contribuye a la dinamización de las actividades teóricas impartidas en la asignatura de termodinámica.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar la arquitectura de un software para la simulación de procesos termodinámicos que contribuya en la formación académica de los estudiantes de tecnología e ingeniería electromecánica.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar una base de datos donde se encuentren las tablas y las variables termodinámicas para que el software logre la resolución de problemas termodinámicos.
- Realizar la arquitectura y la interfaz gráfica del software seleccionado programando el interior de cada bloque para la resolución de las ecuaciones termodinámicas.
- Estructurar una guía para la operación del software y ejecutarlo con los estudiantes de la tecnología e ingeniería electromecánica para identificar los beneficios que ofrece el software.

#### 1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

(Ramirez, 2005) Realiza un trabajo de grado el desarrollo de módulos de simulación de procesos termodinámicos en ingeniería química de la Universidad del Salvador, el cual tiene como finalidad, aplicar herramientas informáticas para el modelamiento y simulación de reacciones químicas para incorporarse a proceso de enseñanza en la carrera de ingeniería química.

Se presentan una serie de objetivos que direccionan el trabajo en el cual se realizan simulaciones de procesos como una herramienta moderna y eficiente para el estudio, en sus áreas de aplicación en las industrias de procesos químicos y desarrollo de proyectos de investigaciones termodinámicos (Ramirez, 2005). Se pueden predecir el comportamiento de procesos asociados a las áreas de Termodinámica e Ingeniería de las reacciones químicas a través del modelamiento matemático, termodinámico o cinético del proceso. Se visualizan los resultados de la simulación y las interacciones entre las variables y parámetros de diseño y operación que intervienen en los procesos.

El alcance del proyecto tiene el desarrollo de problemas en los que se simulen procesos termodinámicos y el diseño de reactores químicos. Planteamiento de los diagramas de flujo de los procesos seleccionados, de tal forma que puedan ser codificables a un lenguaje de programación aplicable. Desarrollo de un programa que incorpore la simulación de cada proceso en el entorno de interfaz gráfica del paquete informático Matlab, con vínculos de importación de datos con la hoja de cálculo Microsoft Excel. Y formulación de guías de laboratorio de simulación para ser utilizadas en las áreas correspondientes. (Ramirez, 2005, pág. 7)

Se pudo concluir que en el uso de la herramienta como recurso didáctico permite abarcar temáticas complejas y extensas, mediante una comprensión del fenómeno, simulando diversas condiciones y casos que puedan presentarse, que por razones de tiempo en muchas ocasiones no es posible lograrlo, siendo además una forma de motivación hacia el aprendizaje e investigación. “Y Los programas de simulación desarrollados permiten visualizar los resultados de las interacciones entre las variables y parámetros de diseño y operación que intervienen en los procesos” (Ramirez, 2005, pág. 209).

(Lugo, 2016) Presenta en su tesis de grado el desarrollo de un software para la simulación de procesos aplicados a la termodinámica, el cual aplica una herramienta para el cálculo y análisis de procesos enfocados al comportamiento termodinámico basado en principios básicos.

La investigación tiene como propósito, la interacción del usuario con el programa de simulación, a través del estudio de casos donde se logra apreciar los resultados ante los datos entregados por el usuario que se encuentra utilizando el programa y se emplea como un entorno de trabajo en cuanto al desarrollo integro en base a una programación de simulación de lenguaje java que contiene rutinas de cálculo al igual que interfaces de programación gráfica. Siendo diseñado para trabajar aplicaciones de la primera y segunda ley de la termodinámica, en sistemas cerrados como: tanques cerrados rígidos, cilindros-pistón y sistemas abiertos en estado estacionario y válvulas de expansión.

Para el desarrollo del trabajo, se identifica una metodología descriptiva que permite un desarrollo de los algoritmos en la resolución de los casos termodinámicos y todo con el fin de lograr el proceso de contextualización del lenguaje de programación del simulador. Se realizó una revisión bibliografía, para

identificar el posible software destinados para la selección del programa indicado (Lugo, 2016).

Una vez definido el lenguaje de programación en el que se desarrollan los algoritmos, se realiza una búsqueda de un entorno para desarrollo de la interfaz que debe ser compatible con el lenguaje seleccionado y para la elaboración del algoritmo de simulación del programa se realizó una esquematización de la estructura del programa como técnica de análisis para conocer la relevancia de los elementos y analizar los cálculos termodinámicos que tengan relevancia.

(Lugo, 2016) determinó el desarrollo completo del software en lenguaje libre java, para el estudio de casos termodinámicos, que fue empleado específicamente en la cátedra de termodinámica de manera que lo estudiantes aprecien los resultados que son arrojados y entregados por la simulación y así facilitar los resultados de los cálculos termodinámicos.

(Cortez & Saballos, 2017) indican en su investigación una aplicación del programa (coco simulator) en la simulación de componentes de procesos termodinámicos y de industrias químicas en el salvador, como una herramienta didáctica para la ingeniería química de la universidad del salvador. En el trabajo se realizó la simulación de componentes de dos procesos industriales utilizando el programa (coco Simulator): Proceso de producción de ácido sulfúrico y proceso de producción de azúcar a partir de caña.

La metodología de simulación desarrollada fue la siguiente: selección y estudio del proceso, determinación de variables relevantes, identificación de las sustancias que participan en el proceso, selección, parametrización y adecuación del equipo, así como la identificación de otros parámetros requeridos para poder desarrollar la simulación. Posteriormente se introdujo la información requerida al programa, de

forma ordenada y sistemática, procediéndose a realizar la simulación respectiva. Al tener los resultados de las simulaciones se realizaron comparaciones de los datos obtenidos contra datos reales, además, se analizó en base a criterios objetivos, la conveniencia de utilizar el programa con fines educativos (Cortez & Saballos, 2017). Como un complemento al trabajo desarrollado, se elaboró una guía introductoria sobre el uso de “coco Simulator” aplicado a procesos industriales.

Se desarrollaron criterios para evaluar la funcionalidad del programa y se concluyó que “coco Simulator” tiene un buen desempeño en ciertas áreas específicas (separación de sustancias orgánicas, reacciones cinéticas homogéneas y heterogéneas.), sin embargo, aún necesita desarrollarse en otras áreas, tales como: bases de datos, modelos termodinámicos, operaciones unitarias entre otros. (Cortez & Saballos, 2017, pág. 141)

(Varela, 2013) define en su tesis de grado el desarrollo de una herramienta de simulación para estudiar y evaluar la operación y control termodinámicos de una unidad de destilación. En el presente trabajo especial de grado se busca desarrollar una herramienta de simulación que posea la capacidad de representar un proceso de destilación, donde hay diversas operaciones unitarias como pueden ser válvulas, bombas, intercambiadores de calor, flash y la columna de destilación. Con el objetivo de incluir en la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad central de Venezuela, una herramienta de simulación de procesos que no requiera licencia, en la cual los estudiantes y profesores puedan usarlo y apreciar cómo se realizó el proceso termodinámico.

Para lograr construir la herramienta de simulación se procedió a elegir los programas que se adaptaran a las necesidades que se requieren para desarrollar la simulación, los softwares que se emplearon a la hora de crear la base de datos,

fueron LabVIEW como programa principal, MatLab como programa de cálculo numérico (solver) y Microsoft Access, los cuales se emplearon para que la base de datos posea las propiedades físico-químicas de los componentes que se usaron en la simulación, posteriormente se detallan las ventajas de cada programa (Varela, 2013). Luego se procedió a seleccionar una planta que se encontraba simulada. La cual proporciona todos los datos necesarios para desarrollar adecuadamente la simulación y sirve de ejemplo y guía.

Consecutivamente, se realizó un análisis de grado de libertad para cada equipo permitiendo así conocer las variables que deben ser especificadas y cuales debe dar el usuario que dirige el simulador. Luego se realizó una base de datos con las propiedades físicas químicas de los componentes que se utilizan en la planta en el proceso termodinámico y se procedió al modelado y programación en LabVIEW, tanto en estado estacionario como en dinámico. Una vez elaborado el programa, se procedió a validarlo con la planta realizada en el simulador de procesos, comparando así los resultados. Y finalmente, se procedió a realizar una interfaz amigable y un manual de usuario para mayor comprensión y entendimiento. (Varela, 2013, pág. 15)

(Mogollon & Bracho, 2007) plantean en su trabajo un programa de simulación de ciclos termodinámicos de plantas de vapor. Y para la investigación se desarrolló un programa que permite analizar los principales índices de funcionamiento de las plantas de vapor, tales como potencias, calores y eficiencias, así como las propiedades termodinámicas en las entradas y salidas de cada dispositivo que conforma el ciclo bajo estudio. Para ello se empleó una base de datos de las propiedades termodinámicas del agua y las ecuaciones de: Primera Ley de la Termodinámica, continuidad, eficiencia térmica, eficiencia isentrópica y eficiencia de la planta. Adicionalmente el programa permite realizar estudios paramétricos con el fin de visualizar cómo se ven afectados los principales índices de operación al modificar el valor de una variable.

Los cálculos necesarios para el estudio de los ciclos requieren el empleo de tablas de propiedades termodinámicas y, en la mayoría de los casos, se deben llevar a cabo numerosas interpolaciones con el fin de obtener los valores buscados; posteriormente se debe aplicar un balance de energía a cada dispositivo de la planta para calcular las potencias y/o calores involucrados en los diferentes procesos; todos los cálculos se realizan con el fin de obtener la eficiencia del ciclo (Mogollon & Bracho, 2007).

Dicho procedimiento requiere de la inversión de mucho tiempo y esfuerzo en realizar cálculos repetitivos, se desarrolló el programa de computación Ciclos 2005, el cual permite evaluar los principales índices de operación de diversas configuraciones de plantas de vapor con el fin de concentrarse más en el análisis de los resultados obtenidos y las posibles mejoras que se puedan implementar en el ciclo para lograr incrementar su eficiencia. Adicionalmente el programa permite realizar estudios paramétricos que ayudan a visualizar cómo se ven afectados los principales índices de operación al modificar el valor de una variable.

(Mogollon & Bracho, 2007) pudieron concluir que los resultados obtenidos con el programa Ciclos 2005, concuerdan satisfactoriamente con los arrojados por programas comerciales independientes y con los cálculos manuales, obteniendo discrepancias menores a 0.47%, lo que le confiere un alto grado de confiabilidad en el programa utilizado. El programa diseñado tiene la ventaja de que no requiere la programación de las ecuaciones del ciclo a estudiar, condición indispensable en los paquetes comerciales empleados como medios de validación.

(Zambrano , 2014) planteó un diseño y simulación de una torre de destilación por medio de un software especializado para la recuperación de buteno en la empresa polipropileno del caribe. Los objetivos del proyecto son validar la información termodinámica calculada por la herramienta UNIFAC de Hysys, para luego llevar a

cabo el diseño del sistema de destilación basándose en los datos de entrada incluidos en la ingeniería básica de ABB.

Luego se valida el modelo de simulación con los datos planteados, el cual permite manejar las diferentes corrientes, variables y condiciones de los equipos que interactúan en el proceso y reunir la información necesaria que permita mediante el conocimiento del fundamento de las operaciones unitarias y termodinámica manejar el proceso y hacer correcciones respectivas en su funcionamiento.

En el presente trabajo se realizó una metodología del tipo de investigación descriptiva, ya que en el trabajo aquí descrito se busca el porqué de los hechos, estableciendo relaciones causa-efecto. También como proceso formal es aplicado el método deductivo, ya que la deducción permite, mediante el razonamiento lógico, tomar una decisión sobre el grado de certeza que posee una hipótesis o formular un juicio a partir de otros juicios o premisas. Y el proyecto se enmarca en optimizar el proceso de recuperación mediante cambios significativos en corrientes de la simulación, por medio de las variables manipuladas en el proceso, de la misma manera hacer comparaciones con respecto a las ventajas de seleccionar un modelo de columna convencional frente a la planteada por ABB. (Zambrano , 2014, pág. 30)

(Zambrano , 2014) determinan que el desarrollo final de el proyecto, se llevó a cabo una simulación en estado estable, en aras a encontrar el diseño apropiado para un sistema de recuperación de 1-Buteno. Los datos de entrada para resolver el sistema fueron suministrados por la empresa Propilco, provenientes de una ingeniería básica de la empresa ABB para la recuperación de 1-Buteno presente durante la producción de terpolimeros.

(Posada & Zapata, 2006) indica en su propuesta de trabajo una metodología para la aplicación de simuladores de procesos termodinámicos de ingeniería. El objetivo del proyecto entonces proponer una alternativa metodológica que ayude a desarrollar en los ingenieros de procesos competencias en el manejo de herramientas computacionales, aprovechando al máximo las potencialidades que ofrecen las licencias educativas de software de simulación, a través su uso práctico dentro del currículo de Ingeniería de Procesos. Conforme al objetivo, el presente el trabajo desarrolla una fundamentación teórica acerca del uso de los simuladores como una herramienta de apoyo al proceso de aprendizaje.

La metodología planteada se caracteriza por los aspectos pedagógicos en la elaboración de la guía para los estudiantes y el plan de estudios de ingeniería de procesos, que determinan análisis comparativos que seleccionan teniendo en cuenta la gradualidad en los conocimientos por el contenido factible, en la aplicación del simulador de proceso como herramienta de aprendizaje (Posada & Zapata, 2006).

Se concluyó que él estudió mediante la revisión de los microcurrículos de las asignaturas de Ingeniería de Procesos, en cuáles cursos es posible aplicar los simuladores de proceso para apoyar la comprensión de los conceptos estudiados en clase. A través de la revisión se escogieron las asignaturas para realizar la propuesta metodológica aquí descrita. Además, con el estudio se evidenció la versatilidad que ofrecen los simuladores de proceso termodinámicos y su función integradora entre los conceptos vistos.

(Contreras , 2008) se realiza una simulación de procesos termodinámicos en una vivienda. El trabajo tiene como fin, crear un proyecto destinado a la optimización del consumo de energía en las viviendas de la ciudad de Girardot (Colombia), cuyo objetivo es simular las condiciones climáticas en el interior de las viviendas

de dicha ciudad. La simulación fue desarrollada mediante el uso de herramientas CFD (Computational Fluids Dynamics) distribuidas libremente en el programa OpenFOAM, al considerar los efectos sobre las condiciones climáticas debidas a la transferencia de calor entre el medio ambiente y el interior de una vivienda.

La herramienta OpenFOAM, tiene como proceso de trabajo simular cualquier flujo complejo en donde se involucren reacciones químicas, transferencia de calor, turbulencias, electromagnetismo y biofísica, basándose en programación dirigida a objetos en la parte de termodinámica. La forma en la que simula una determinada situación es mediante discretización (Contreras , 2008). La discretización es la aproximación de un problema en cantidades similar a elementos finitos, y en el simulador se describen como problema al espacio de solución y permite tener intervalos de tiempo, donde son discretizados mediante librerías distribuidas por el software en las que se definen esquemas de ecuaciones y dominios de espacios y tiempo a través del programa.

La simulación desarrollada permitió determinar los efectos sobre los valores de temperatura en el interior de las viviendas al variar los materiales de construcción a fin de saber cuáles materiales permitieron un mayor acondicionamiento en viviendas, lo cual se reflejará en la disminución de costos de climatización y en las condiciones de vida de las personas que las habitan. (Contreras , 2008, pág. 8)

(Trillos, 2015) en su trabajo de investigación hace una simulación de sistemas de control en procesos del sector Oil y gas, a través del software "ASPEN HYSYS" y conexión a rockwell automation con el estándar de comunicación OPC. Mediante el desarrollo del trabajo se realizará la simulación de cuatro procesos reales, comunes del sector Oíl & Gas como son: la separación de hidrocarburos, blending de gasolina, reactor de propilenglicol y columna de destilación, utilizando un software de simulación especializado, con una alta demanda a nivel industrial en

el sector de procesos químicos ASPEN HYSYS, que permitió a la comunidad educativa en general, adaptarse al sector industrial actual, familiarizándose con las herramientas de software, la instrumentación de los procesos industriales y las estrategias de control aplicables a los mismos.

Dichos procesos de simulación sirvieron de casos de estudio para aplicar estrategias de control, por medio del software Rockwell Automation, con el fin de disminuir el tiempo de ejecución en los cálculos y determinar el modelo de control apropiado para optimizar el sistema. A su vez se realiza la conexión ASPEN HYSYS con Rockwell Automation, por medio del estándar de comunicación OPC Server (OLE for Process Control) basados en el protocolo de intercambio dinámico de datos (Trillos, 2015).

## 2. MARCOS REFERENCIALES

### 2.1. MARCO HISTÓRICO

(Ramirez, 2005) señala que la teoría de sistemas muestra que diversos principios físicos tienen asociados modelos matemáticos equivalentes o isomórficos. Por ejemplo, ciertos circuitos eléctricos, circuitos hidráulicos, procesos de transferencia tanto de materia como energía y cantidad de movimiento, son descritos por el mismo conjunto de ecuaciones diferenciales. Consecuentemente, podría resultar conveniente analizar (simular analógicamente) el comportamiento de un sistema (proceso químico) observando la evolución de las variables "equivalentes" en un circuito eléctrico (cuyo modelo sea equivalente al proceso estudiado), ya que son fácilmente cuantificables.

Posteriormente, a partir del uso masivo de la computadora digital, y de la revolución que implica la informática en todos los campos de la ingeniería, se evolucionó lentamente de la simulación analógica a la digital, habiendo prácticamente desaparecido la simulación analógica en muchas aplicaciones.

(Molina & Buendía, 2010) Para comprender la concepción actual en la construcción de instrumentos deben considerarse los precedentes en la historia de la instrumentación. "Los instrumentos han hecho siempre uso de la tecnología disponible: en el siglo XIX se utilizó el movimiento del reloj para construir los primeros medidores analógicos" (pág. 103).

En los años treinta se construyeron los primeros instrumentos electrónicos con lámparas de vacío y condensadores y resistencias variables. La tecnología de la televisión contribuyó a la creación de los osciloscopios y analizadores modernos. Finalmente, el uso combinado de computadoras con dispositivos electrónicos para la adquisición y generación de señales permite diseñar aplicaciones de

instrumentación y control con altas prestaciones en lo referente a capacidad de procesamiento y de visualización con costes reducidos.

En la década de los ochenta las interfaces continuaron su estilo basado en texto sin embargo comenzaron a usarse algunos caracteres especiales para agrupar y alinear la información haciéndola más legible (Guillén, 2013). Además, se introdujeron mensajes de ayuda para que en la interface se mostraran tips o indicadores cortos que se referían a las acciones de los comandos que podían utilizarse.

Una de las interfaces que tuvo gran presencia en el mercado de las PCs fue la del sistema operativo MS-DOS diseñado para las computadoras de IBM. Es interesante que en la actualidad el tipo de interfaces sigan siendo utilizadas por varias compañías para el manejo de sus operaciones.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### Métodos termodinámicos para simulación

#### La elección del método termodinámico en una simulación

Una elección incorrecta invalida todos los resultados de la simulación. La elección dependerá de los compuestos presentes y rango de presión y temperatura del proceso a simular. Necesario comprobar con datos experimentales la validez del método termodinámico elegido. No fiarse de los resultados que pronostique el simulador si no se ha validado el método termodinámico (Villanueva, 2010). Si no se predicen bien los datos experimentales, ajustar los parámetros del modelo termodinámico usando aquellos. Si no se dispone de datos experimentales, predecir los parámetros a partir de métodos de estimación basados en propiedades moleculares

### Métodos termodinámicos

#### Ecuaciones de estado

Experimentalmente se encuentra que sólo un número mínimo de las propiedades de una sustancia pura pueden tomar valores arbitrarios. Los valores de las restantes propiedades vienen determinados por la naturaleza de la sustancia. Por ejemplo, un tanque vacío se introduce gas oxígeno, manteniendo el tanque y su contenido a la temperatura termodinámica  $T$ . El volumen  $V$  del gas introducido viene determinado por el del tanque y la masa  $m$  del gas depende de la cantidad introducida. Una vez conocidos  $T$ ,  $V$  y  $m$  la presión  $P$  del gas depende de la naturaleza del oxígeno y no se le puede dar cualquier valor arbitrario. Resulta, pues, que existe cierta relación entre las propiedades  $P$ ,  $V$ ,  $T$  y  $m$  que, en general, puede expresarse en la forma que;

$F(P, V, T, m) = 0$ . La relación se conoce como el nombre de ecuación de estado de la sustancia. (Sears, 2002, pág. 28)

### **Modelos de ecuaciones de estado**

La propiedad se denomina entropía del sistema; se la ha designado con el símbolo  $S$ , y se mide en kJ/K. Para valores de entropía por unidad de masa (entropía específica), se utiliza el símbolo  $s$ , y se mide en kJ/kg·K (Camacho, 2003). Los valores de entropía de las sustancias no son fáciles de calcular, sino por medios experimentales, pero como en general lo que más interesa son los cambios en las propiedades de un sistema, entre ellas la entropía, es posible hallar valores tabulados de  $s$  referidos a un nivel arbitrario (por ejemplo, para el caso del agua se asume que la entropía de líquido saturado en el punto triple, es igual a 0), y para otras sustancias como los gases ideales, se utilizan ecuaciones que relacionan propiedades fácilmente medibles, como son la presión, el volumen específico y la temperatura, así como otras propiedades de la sustancia en cuestión.

### **Modelos de coeficiente de actividad**

(Martinez, 2003) afirma que el uso de modelos de coeficiente de actividad en la fase líquida permite representar el comportamiento no ideal de mezclas (especies fuertemente polares, polímeros, electrolitos, componentes que forman enlaces de hidrógeno) a presiones bajas. Los modelos solamente se aplican a la fase líquida, por ello, es necesario utilizar una ecuación de estado para representar la fase vapor.

Los parámetros binarios de los modelos de coeficiente de actividad son válidos únicamente en el intervalo de temperatura y presión de los datos experimentales que se usaron para estimarlos. Se debe tener mucho cuidado al aplicar los modelos fuera del intervalo de validez de los parámetros, especialmente en

equilibrio líquido-líquido. Si no se dispone de parámetros binarios para la mezcla se puede usar el modelo predictivo. “Dichos modelos se deben usar sólo a bajas presiones (< 10 atm). A presiones más altas (> 10 atm y < 20 atm) se puede utilizar una ecuación de estado válida a presiones altas para representar la fase vapor” (Martinez, 2003, pág. 85).

(Martinez, 2003) señala que al seleccionar una opción termodinámica se utiliza el modelo y otros modelos asociados para el cálculo de propiedades termodinámicas y de transporte, necesarios para la simulación. Algunas propiedades termodinámicas y de transporte utilizadas en los simuladores:

#### **Propiedades termodinámicas:**

- Factor de compresibilidad:  $Z=PV/RT$ .
- Presión de vapor
- Densidad o volumen.
- Valores de K (coeficientes de fugacidad y actividad).
- Entalpía.
- Entropía.
- Energía libre de Gibbs.

#### **Propiedades de transporte:**

- Viscosidad.
- Conductividad térmica.
- Coeficiente de difusión.
- Tensión superficial.

#### **Selección del modelo termodinámico**

La selección entre los modelos de ecuaciones de estado (modelos EOS) y los modelos de coeficientes de actividad (modelos gama), basada en el grado de no-

idealidad del sistema en estudio y de las condiciones de operación (Martinez, 2003). Las ecuaciones de estado se aplican a sistemas no polares o ligeramente polares en todo el intervalo de presión y los modelos de coeficiente de actividad se usan en sistemas que contienen sustancias polares a presiones bajas (<10 bar).

Para modelar sistemas polares a presiones altas, lo recomendable es usar ecuaciones de estado y cambiar las reglas de mezclado clásicas por reglas de mezclado basadas en modelos de coeficiente de actividad (energía libre en exceso). Las reglas de mezclado permiten predecir con seguridad el equilibrio de vapor líquido de mezclas polares a presiones altas. Utilizan un modelo de coeficiente de actividad para predecir la no idealidad de la solución, cuyos parámetros se pueden calcular de datos experimentales a condiciones sub críticas.

### **Metodología del modelamiento matemático**

El Modelamiento es el proceso de construcción de un modelo, el cual es una representación de un objeto, sistema, o idea, por medio de la aplicación de principios fundamentales (Ramirez, 2005). De manera imprescindible, para simular un proceso es necesario crear un modelo que permita estudiar y prever el comportamiento que tendrá dicho proceso, a fin de poder evaluar el comportamiento del mismo ante determinadas condiciones y preparar de éste modo los cambios y las estrategias a seguir.

La modelización de los procesos requiere el desarrollo de un modelo matemático de un sistema, con las simplificaciones adecuadas para simular el núcleo del proceso. Las simplificaciones deben ser lo más leves posible, dentro de las limitaciones que puedan imponer las herramientas informáticas empleadas (memoria, tipo de ordenador), para que la simulación sea lo más real posible.

### **El método de simulación orientado a ecuaciones**

Donde se escribe el conjunto de ecuaciones y desigualdades que representan el proceso, incluyendo los balances de masa y energía, las conexiones de las corrientes y las diferentes relaciones que representan los equipos (Varela, 2013). El conjunto de ecuaciones se puede resolver simultáneamente empleando diversos programas de computadora apropiados y/o siguiendo métodos de resolución planteados en diversas bibliografías de ingeniería química.

### **El método modular**

Es donde el proceso se representa como una serie de módulos en los que las ecuaciones (y otra información), que constituyen un equipo o un subsistema, “se reúnen y codifican de tal manera que puede ser usado independientemente y pueda emplearse tantas veces se requiera en el diagrama de flujo (DFP) definido por el usuario” (Varela, 2013, pág. 13).

### **Variables termodinámicas**

(Gomez, 2010) afirma que las propiedades o variables termodinámicas son las propiedades relativas al estado interno del sistema, que se conocen con el nombre de propiedades intrínsecas (que no dependen de la historia o proceso del sistema, sino solo de la materia que lo constituye) o propiedades termodinámicas y. por tanto, serán las magnitudes medidas para caracterizar el sistema y que nos definen su estado termodinámico. Se clasifican en:

#### **Intensivas**

Una propiedad de un sistema es intensiva si no tiende a cero para subsistemas de tamaño progresivamente más pequeño tendiendo a un punto. (Se habla de subsistemas como los resultantes de subdividir un sistema en partes). “Así una propiedad intensiva tiene un valor finito en un punto. Es decir, no dependen del

tamaño del sistema. Ejemplos de propiedades intensivas son la temperatura, la presión y la densidad” (Gomez, 2010, pág. 13).

### **Extensivas**

Aquellas propiedades que dependen del tamaño del sistema, es decir, cuyo valor para la totalidad del sistema es la suma de los valores de dicha propiedad para cada uno de los elementos que constituyen dicho sistema, como por ejemplo la masa y el volumen (Gomez, 2010). El estudio de las propiedades y sus relaciones exige el establecimiento de funciones continuas que permitan derivar unas de otras, supuesta la existencia de algunas propiedades dependientes en el conjunto total.

### **Propiedades específicas**

Una propiedad específica es una propiedad extensiva por unidad de masa. Equivale, por tanto, a una propiedad intensiva en los sistemas homogéneos (por ejemplo, el volumen específico).

### **Primera ley de la termodinámica**

(Wyllen, 1977) señala que la estructura de la termodinámica descansa sobre dos leyes fundamentales. La Primera Ley, que tiene que ver con el principio de conservación de la energía aplicado a sistemas cerrados que sufren cambios de estado, debido a las transferencias de trabajo y de calor a través de los límites. La Primera Ley no puede ser comprobada, su validez radica en que ni ella misma ni las consecuencias que de ella se derivan, han sido nunca contradichas por la experiencia.

Hace cerca de dos siglos, el científico inglés James Prescott Joule, se dedicó a realizar exhaustivos experimentos, y encontró que en todos los casos la cantidad neta de calor liberado era proporcional a la cantidad neta de trabajo realizado

sobre el sistema durante un ciclo completo. La primera ley puede expresarse como una generalización de todos los procesos cíclicos, incluyendo aquellos en los que se suministra calor al sistema desde el entorno, y el sistema realiza un trabajo sobre el entorno; en la práctica es el tipo más común de ciclos. La primera ley de la termodinámica puede establecerse así: Cuando un sistema cerrado es llevado a través de un ciclo, el trabajo neto realizado sobre el entorno es proporcional a la cantidad neta de calor tomado desde el entorno.

La primera ley es una de las piedras fundamentales de la Termodinámica, y constituye por sí misma un axioma que no puede ser probado. Los experimentos de Joule y otros realizados más recientemente no son una prueba de la validez de la primera ley; son un soporte más para adoptarla como un axioma fundamental (Wylen, 1977). Y como toda ley, de ésta se pueden extraer varias conclusiones o corolarios, entre los cuales el principal dice que: Existe una propiedad de un sistema cerrado, tal que un cambio en su valor es igual a la diferencia entre el calor suministrado y el trabajo realizado durante cualquier cambio de estado que sufra el sistema.

### **Segunda ley de la termodinámica**

La ley no es el resultado ni la extensión de la primera ley, en la cual se establece, en forma general, que siempre será posible transformar calor en trabajo y viceversa. La primera ley no dice absolutamente nada acerca de cuánto de ese calor se puede efectivamente transformar en trabajo.

La segunda ley va más allá, y pone de manifiesto que es imposible construir una máquina que trabaje en un ciclo, tome una cantidad de calor del medio, y desarrolle una cantidad equivalente de trabajo (Wylen, 1977). Es decir, algo del calor entregado al sistema debe ser disipado nuevamente al entorno (en general lo hace en forma de pérdidas por fricción).

Al igual que con la primera ley, la segunda ley también tiene una serie de consecuencias o corolarios, siendo el más importante el siguiente: Existe una propiedad de un sistema cerrado, tal que un cambio en su valor es igual al  $\int_1^2 \frac{dQ}{T}$ , para cualquier proceso reversible que siga el sistema entre dos estados extremos.

En otras palabras:  $S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$

Se denomina la entropía del sistema; se la ha designado con el símbolo S, y se mide en kJ/K. Para valores de entropía por unidad de masa (entropía específica), se utiliza el símbolo s, y se mide en kJ/kg·K. Los valores de entropía de las sustancias no son fáciles de calcular, sino por medios experimentales, pero como en general lo que más interesa son los cambios en las propiedades de un sistema, entre ellas la entropía, es posible hallar valores tabulados de s referidos a un nivel arbitrario (por ejemplo, para el caso del agua se asume que la entropía de líquido saturado en el punto triple, es igual a 0), y para otras sustancias como los gases ideales, se utilizan ecuaciones que relacionan propiedades fácilmente medibles, como son la presión, el volumen específico y la temperatura.

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

### Simulación de Procesos

La simulación se define como una técnica para evaluar en forma rápida un proceso con base en una representación del mismo, mediante modelos matemáticos. La solución de éstos se lleva a cabo por medio de programas de computadora y permite tener un mejor conocimiento del comportamiento del proceso (Ramirez, 2005). La simulación de procesos en la termodinámica vinculada al cálculo de los balances de materia, energía y eventualmente la cinética, termodinámica y velocidad de transferencia de un proceso cuya estructura, y datos preliminares de los equipos que los componen, son conocidos.

En la etapa de Simulación de procesos se solucionan los balances de materia y energía para un proceso químico, cálculo de dimensiones y costos de los equipos y efectuar una evaluación económica preliminar del proceso, y la etapa de optimización, que puede ser paramétrica, modificando parámetros tales como presión o temperatura, o estructural cuando se hacen modificaciones al diagrama de flujo involucrando a los equipos y/o interconexiones. (Ramirez, 2005, pág. 16)

La simulación de un proceso empieza por el desarrollo de un programa capaz de repetir las características de comportamiento de dicho proceso ante las variaciones en sus variables (Ramirez, 2005). Como es imposible repetir exactamente dichas características, deben aproximarse para que la simulación sea lo más real posible, lo que se logra mediante el planteamiento del modelo matemático que lo represente.

### **La simulación de procesos puede plantearse de tres formas distintas**

**a)** El desarrollo de un programa específico de un proceso determinado en que las variables están especificadas de antemano, o bien el programa pregunta sus valores antes de cada ejecución (Ramirez, 2005). El programa es flexible, pero requiere de un gran tiempo de desarrollo, siendo solo apto para el proceso en particular de que se trate, es decir, no puede crecer ni aplicarse a otros procesos, aunque sean similares, y cada nueva simulación requerirá un tiempo de desarrollo comparable.

**b)** El desarrollo de un conjunto de subprogramas organizados en bloques que unidos entre sí representan el proceso completo. “En éste caso, se dispone de una biblioteca de subprogramas que le permiten simular las unidades individuales de su proceso” (Ramirez, 2005, pág. 17).

**c)** Los programas ejecutivos, que son programas de carácter general que simulan una clase particular de procesos y seleccionan la técnica numérica más adecuada para la resolución rápida de las ecuaciones de la simulación (Ramirez, 2005). El programa presenta la ventaja que es la solución más sencilla, pero queda restringido al proceso para el que fue diseñado. Los modelos de simulación desarrollados en el presente proyecto corresponden a éste tipo de simulador de procesos.

Se toma la opción b en el momento del desarrollo del proyecto ya que se adapta a las necesidades que se quieren cubrir en el presente proyecto, se necesita una simulación de procesos adecuada para la resolución de todo tipo de problemas termodinámicos. Se tomarán en cuenta cada ecuación dentro de la temática de las Unidades Tecnológicas de Santander necesarias durante el periodo de aprendizaje de los estudiantes del área Electromecánica.

## **Etapas para el desarrollo de la simulación de un proceso**

En la preparación de la simulación de un proceso, existen ciertos pasos importantes a seguir en pequeña o gran escala. Los cuales son: Identificación y formulación del problema; definición del sistema; formulación del modelo, localizar los datos necesarios, seleccionar el paquete de software adecuado, adquirir los recursos computacionales adecuados; experimentación, interpretación, implementación y documentación para el uso apropiado de las herramientas seleccionadas. (Ramirez, 2005, pág. 21)

### **Identificar y formular el problema**

Debe quedar perfectamente establecido el objeto de la simulación. El alcance del problema a solucionar puede ser obvio en su análisis, pero identificarlo en las primeras etapas de un proyecto de simulación no es a menudo tan fácil (Ramirez, 2005). Habrá entonces que escoger algo que hará la diferencia en términos de ganar nuevas percepciones o de ofrecer mejoras importantes en el fondo del problema.

### **Definición del sistema**

El sistema a simular debe estar perfectamente definido, identificando dónde estará la frontera del sistema a estudiar y las interacciones con el exterior que serán consideradas.

### **Formulación del modelo**

Comienza con el desarrollo de un modelo simple que captura los aspectos relevantes del sistema real, en los que éstos dependen de la formulación del problema. “El arte de modelar consiste en la habilidad para analizar un problema, resumir sus características esenciales, seleccionar y modificar las suposiciones

básicas que caracterizan al sistema, y luego enriquecer y elaborar el modelo hasta obtener una aproximación útil" (Ramirez, 2005, pág. 22).

### **Localizar los datos necesarios**

El diseño y simulación de procesos químicos necesita de datos de propiedades físicas, termodinámicas, cinéticos y de transporte, los cuales se calculan a partir de modelos de propiedades con base teórica o empíricos.

### **Ventaja de la simulación de procesos**

(Posada & Zapata, 2006) indican las siguientes ventajas en el uso de los simuladores dentro del proceso práctico que son:

- Los simuladores de procesos permiten acceder a amplias bases de datos termodinámicos útiles en el desarrollo y análisis de experimentos, resolución de problemas, diseño de procesos. La cualidad puede ser usada por los estudiantes como una fuente de consulta permanente.
- Algunos problemas que necesitan una gran cantidad de cálculos, pueden volverse complejos para los estudiantes, consumiendo mucho tiempo y finalmente haciendo que el tiempo dedicado para el análisis no sea suficiente. La simulación de procesos permite resolver problemas en forma rápida, proporcionando al estudiante más tiempo y herramientas para el análisis del problema.
- Varios simuladores de proceso permiten realizar optimizaciones de procesos, estimaciones de costos y estudio de los factores ambientales de un proceso con el fin de establecer comparaciones entre alternativas para seleccionar la que mejor se acomode a las especificaciones técnicas, económicas y ambientales de un proceso. Desarrolla potencialmente los niveles de síntesis y

evaluación en los estudiantes de cursos avanzados y es muy útil dentro de la industria puesto que ayuda a reducir costos en el desarrollo de proyectos.

- Dentro de la industria, los simuladores son útiles en investigación y desarrollo al agilizar los ensayos en laboratorios y en plantas piloto porque permite predecir resultados o rangos de trabajo óptimo lo cual ahorra mucho tiempo en la experimentación; y en la etapa de diseño, al ofrecer una manera rápida de diseñar un proceso para establecer comparaciones entre diferentes alternativas.

### **Clasificación de las técnicas de simulación**

Se considera a la simulación como aquella en la cual propone ciertos valores de entrada al simulador o programa de simulación para obtener resultados o valores de salida, tales que estiman el comportamiento del sistema real bajo condiciones (Ramirez, 2005). Las técnicas de simulación pueden clasificarse según diversos criterios, por ejemplo, según el tipo de procesos (continuo o discontinuo), si involucra el tiempo (estacionario o dinámico), las técnicas a emplearse en los módulos para la simulación de procesos termodinámicos son en su mayoría del tipo en estado estacionario, así mismo los utilizados para la simulación de la cinética de la reacción son del tipo de simulación dinámica.

### **Aplicaciones de la simulación de procesos en ingeniería**

(Ramirez, 2005) plantea que en la enseñanza-aprendizaje en programas químicos y termodinámicos existen tres tipos de problemas que pueden resolverse por medio de simulación de procesos:

En la simulación de un problema (análisis), donde son especificadas las variables asociadas con las corrientes de alimentación y las variables de diseño de los módulos unitarios. Las incógnitas son las variables asociadas con todas las

corrientes adicionales y con las corrientes de producto que salen del proceso. Es decir, se conocen las alimentaciones y los parámetros de los equipos, y las incógnitas son las condiciones de las corrientes de salida.

El problema de diseño es similar al problema de simulación, excepto que algunas de las variables de diseño no están especificadas y se imponen restricciones a algunas variables de las corrientes (regularmente sólo restricciones de igualdad). El número de restricciones es igual al número de variables de diseño sin especificar. En el diseño se conocen las alimentaciones y las condiciones principales de las corrientes de salida, y las incógnitas son las dimensiones y especificaciones de algunos parámetros de los equipos.

En el problema de optimización, las variables asociadas con las corrientes de alimentación y las variables de diseño pueden no estar especificadas, entonces es necesario agregar una función de costo al modelo. Las variables sin especificar se determinan de modo que se minimiza la función objetivo. Se pueden especificar restricciones de igualdad y desigualdad.

### **Propiedades termodinámicas**

Las propiedades termodinámicas de los fluidos son esenciales para el diseño de los equipos de proceso, particularmente con respecto a los requerimientos energéticos, equilibrio de fases y determinación del tamaño del mismo (Camacho, 2003). Aquí se discutirá la termodinámica aplicada para procesos de separación.

Se han desarrollado ecuaciones para el cálculo de los balances de energía y entropía, y para la determinación de volúmenes y composiciones de las fases en el equilibrio. “Las ecuaciones involucran a las propiedades termodinámicas que incluyen volumen específico, entalpia, entropía, coeficiente de fugacidad o actividad” (Camacho, 2003, pág. 8).

Las propiedades termodinámicas que involucran energía son en ciertos sentidos más importantes de lo que son las propiedades volumétricas, sin embargo se verá más adelante que las primeras son rigurosamente calculadas a partir de las segundas (Camacho, 2003). Dado que las propiedades volumétricas son por mucho más fácilmente adquiribles, se puede considerar que las correlaciones para su cálculo son uno de los grandes triunfos de la termodinámica.

### **La presión**

Es la fuerza ejercida sobre un área unitaria. Los conceptos básicos de fuerza y área son suficientemente familiares a todas las personas, por lo que no requieren definición adicional. Las unidades de presión en el SI, es el pascal (Pa), aunque por ser una unidad en extremo pequeña (apenas 1 newton por metro cuadrado), se acostumbra utilizar un múltiplo del pascal, el bar, equivalente a 10 Pa.

### **El volumen**

Es una unidad de fácil comprensión, y no requiere definición adicional. La unidad de medida en el mismo sistema es el m<sup>3</sup> (metro cúbico). Sin embargo, a menudo se puede preferir en lugar del volumen utilizar una propiedad derivada del mismo, “el volumen específico ( $v$ ), que resulta de dividir el volumen total por la masa del sistema. Así, las unidades serán m<sup>3</sup>/kg (nótese que el volumen específico es el inverso de la densidad)” (Wyllen, 1977, pág. 16).

### **Temperatura**

La temperatura es una medida indirecta de la cantidad de energía que posee un sistema. Su unidad en el SI es el grado Kelvin absoluto, pero de uso más común en lo comercial, industrial y familiar es el grado centígrado (°C), o grado Celsius.

## **El ciclo**

Se dice que un sistema cerrado sigue un proceso cíclico, o un ciclo, cuando pasa a lo largo de una serie de estados, de tal forma que su estado final es igual en todos los aspectos a su estado inicial (Wylen, 1977). Lo cual implica que sus propiedades han recobrado todos sus valores iniciales, de dicha manera el sistema se encuentra en condiciones de ser sometido nuevamente al mismo ciclo de eventos, y el procedimiento puede ser repetido en forma indefinida.

## **Estados termodinámicos**

El estado termodinámico de un sistema viene definido por el conjunto de valores asignados a las propiedades termodinámicas de dicho sistema en un momento dado. Igualmente se puede definir el estado intensivo de un sistema como aquel caracterizado por el conjunto de los valores de las propiedades intensivas (y específicas) de ese sistema.

## **Interacciones termodinámicas**

Son la forma en que se relacionan los sistemas termodinámicos poniendo en juego transferencias de energía y modificando las propiedades. En toda la interacción termodinámica la transferencia o flujo de energía toma un nombre según en cuando se produce la interacción. Y así las formas de energía serán; mecánicas, magnéticas, térmicas o químicas. Y los flujos de energía serán; trabajo de flujo macroscópico de flujo microscópico (Velasco, 2010). Una interacción termina se produce cuando las magnitudes extensivas de los sistemas de interacción permanentes constantes y solo se modifica la energía interna.

## **Estado de equilibrio de un sistema**

Es el cual donde los valores de las propiedades termodinámicas del sistema están definidos para todos los puntos del mismo sector. El equilibrio debe ser mecánico,

térmico o químico, siempre que sea compatible con las ligaduras del sistema. “El equilibrio termodinámico puede ser de dos clases; el estacionario que se mantiene a lo largo del tiempo y el transitorio que no se mantiene” (Velasco, 2010, pág. 34).

Las leyes o principios termodinámicos fundamentales, relacionados con dichos estados de equilibrio son los siguientes; el principio del equilibrio basado donde el estado final de un sistema es independiente del orden en que se haya liberado y el principio cero o postulado del equilibrio térmico que son dos sistemas que se mantienen en contacto a través de una pared diatérmica que acaba alcanzando el equilibrio térmico al cabo de cierto intervalo de tiempo

### **Proceso**

Se dice que un sistema termodinámico sufre o pasa por un proceso, cuando las propiedades que lo caracterizan cambian con el tiempo, pero son estables o invariables en los dos estados extremos del proceso (estado inicial y estado final) (Wyllen, 1977). Los estados intermedios por los que atraviesa el sistema, se dice que son estados cuasi estables. El calificativo de cuasi quiere decir que el sistema no tiene suficiente tiempo para estabilizar sus propiedades en cada uno de los estados intermedios del proceso, y sin embargo pasa de un estado al siguiente hasta completar tal ciclo.

### **Cambio de estado**

Un sistema sufre un cambio de estado si y solo si ocurren uno de los dos siguientes fenómenos, o los dos a la vez, o los límites del sistema son deformados por la aplicación de una fuerza que mueve dichos límites una distancia, lo cual da como resultado la realización de algún tipo de trabajo sobre o por el sistema. En cuanto desaparece la fuerza, se deja de efectuar el trabajo; por dicha razón se dice que el trabajo es una cantidad transitoria. En los límites

del sistema existe una diferencia de temperaturas entre el sistema y sus alrededores, por lo cual ocurre el flujo de calor desde o hacia el sistema. De igual forma, en cuanto desaparece la diferencia de temperaturas entre el sistema y su entorno, deja de fluir calor, por lo que el calor también se denomina una cantidad transitoria. (Wyllen, 1977, pág. 15)

## 2.4. MARCO LEGAL

### ISO 9000-3. Modelo de calidad para el desarrollo de software

#### Características generales

El control de calidad debe ser aplicado a todas las fases de la producción de software, incluido el mantenimiento y tareas posteriores a su implantación (ISO-9000-3, 2005). Debe existir una estricta colaboración entre la organización que adquiere el software y el proveedor del mismo. El proveedor del software debe definir su sistema de calidad y asegurarse que toda la organización ponga en práctica el sistema.

#### Sistema de Calidad

Requiere una planificación y documentación del sistema de calidad en base al software, y que tiene como requisito conocido “Plan de Garantía de Calidad del Software” utilizado en el estándar IEEE 730.

#### Administración de la Responsabilidad

“Permite organizar la estructura del sistema de calidad, abordando la estrategia y organización como requerimientos para verificar y revisar la calidad del software implementado” (ISO-9000-3, 2005, pág. 7).

#### Norma técnica colombiana. Calidad producto software. NTC. 5420-1.

Describe un modelo en dos partes para la calidad del producto de software: calidad interna y externa. La primera parte del modelo especifica seis características para la calidad interna y externa, que se subdividen posteriormente en subcaracterísticas (NTC-5420-1, 2006). Las subcaracterísticas se manifiestan externamente cuando el software se usa como parte de un sistema informático de

trabajo, y son el resultado de los atributos internos del software. Las características definidas son aplicables a cualquier clase de software, incluyendo programas de computador y datos contenidos en Firmware. Las características y subcaracterísticas proporcionan una terminología consistente para la calidad del producto de software.

Permite especificar y evaluar la calidad de los productos software desde diferentes perspectivas por parte de aquellos agentes involucrados con la adquisición, los requisitos, el desarrollo, el uso, la evaluación, el soporte, el mantenimiento, el aseguramiento de la calidad y la auditoria del software hacen parte de una serie de características que son:

- Validar la completitud de una definición de requisitos
- Identificar los requisitos del software
- Identificar objetivos para el diseño del software
- Identificar objetivos para las pruebas del software
- Identificar requisitos para el aseguramiento de la calidad
- Identificar los criterios de aceptación para un producto de software terminado

## **Norma técnica colombiana. NTC-ISO.9001. Sistemas de gestión de la calidad**

### **Requisitos generales**

La organización debe establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad y mejorar continuamente su eficacia de acuerdo con los requisitos de la Norma Internacional.

La organización debe:

Determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización. Determinar la secuencia e interacción de los procesos. Determinar los criterios y los métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control de los procesos sean eficaces. Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de los procesos (NTC.ISO-9001, 2008). Realizar el seguimiento, la medición cuando sea aplicable y el análisis de los procesos. Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de los procesos.

### **Requisitos de la documentación para los sistemas**

La documentación del sistema de gestión de la calidad debe incluir:

Declaraciones documentadas de una política de la calidad y de objetivos de la calidad. Un manual de la calidad. “Los procedimientos documentados y los registros requeridos por la Norma Internacional, y los documentos, incluidos los registros que la organización determina que son necesarios para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos” (NTC.ISO-9001, 2008, pág. 3).

### **Control de los registros**

Los registros establecidos para proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos, así como de la operación eficaz del sistema de gestión de la calidad deben controlarse. La organización debe establecer un procedimiento documentado para definir los controles necesarios para la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, la retención y la disposición de los registros.

## **Política de la calidad**

La alta dirección debe asegurarse de que la política de la calidad: Es adecuada al propósito de la organización. Incluye un compromiso de cumplir con los requisitos y de mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad. Proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de la calidad. Es comunicada y entendida dentro de la organización, y es revisada para su continua adecuación. (NTC.ISO-9001, 2008, pág. 5)

### 3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

#### 3.1. ELABORAR UNA BASE DE DATOS DONDE SE ENCUENTREN LAS TABLAS Y LAS VARIABLES TERMODINÁMICAS PARA QUE EL SOFTWARE LOGRE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS TERMODINÁMICOS.

Para la elaboración de la base de datos se establece la realización de un análisis que abarca la determinación de variables requeridos para la simulación de problemas analíticos termodinámicos para los diferentes sistemas los cuales son: tobera, cilindro pistón de tubo y coraza, turbina, tuberías, compresor e intercambiador de calor.

En primer lugar, se hizo necesaria la ayuda de las tablas termodinámicas ya que dichos valores son necesarios para la ejecución de las diferentes ecuaciones de los dispositivos que fueron determinados para el software, se introdujeron las diferentes variables de las tablas termodinámicas requeridas que son: temperatura, presión, entalpía, entropía, volumen específico, energía interna, tanto como el sistema internacional como el sistema inglés, fueron insertadas para la generación de cálculos y permitir que el software Matlab ejecutara e hiciera evidentes a la hora de correr el programa.

En el desarrollo del modelo matemático se trabaja con las teorías termodinámicas, donde se recopila la información de los diferentes autores que por su trabajo arduo hicieron realidad la unificación de las matemáticas con el contexto químico. Es por ello que cabe resaltar el trabajo de dichos grandes científicos como: James Prescott Joule, Nicolas Leonard Sadi Carnot, Rudolf J.E. Clausius, entre otros, quienes fueron de gran importancia para el progreso y la construcción de grandes maquinarias para la industria.

Se toman en cuenta las formulas requeridas para la resolución de problemas termodinámicos y las tablas termodinámicas como base para que el software pueda encontrar los datos faltantes en los ejercicios propuestos. A continuación, se podrán observar las formulas requeridas según Cengel & Boles (2009) para la resolución de cada tipo de sistema termodinámico.

**Tabla 1.** Formulas termodinámicas para la tobera

Ilustración	Ecuaciones	Descripcion
	$v_1 = \frac{RT_1}{P_1}$	Volumen especifico
	$\dot{m} = \frac{1}{v_1} V_1 A_1$	Flujo másico
	$\dot{E}_{entrada} = \dot{E}_{salida}$	Balance de energía
	$\dot{m} \left( h_1 + \frac{V_1^2}{2} \right) = \dot{m} \left( h_2 + \frac{V_2^2}{2} \right)$	Balance de energía cuando $\dot{Q} \cong 0, W = 0, \Delta ep \cong 0$
	$h_2 = h_1 - \frac{V_2^2 - V_1^2}{2}$	Entalpia cuando $\dot{Q} \cong 0, W = 0, \Delta ep \cong 0$
	$h_2 = h_1 - q_{salida} - \frac{V_2^2 - V_1^2}{2}$	Entalpia cuando $W = 0, \Delta ep \cong 0$

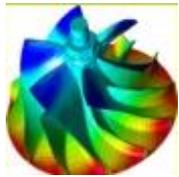
Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL.

**Tabla 2.** Formulas termodinámicas para el cilindro embolo

Ilustración	Ecuaciones	Descripcion
	$m = \frac{v}{v}$ $V_{fg} = V_g - V_f$	Masa del vapor Volumen

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 3.** Formulas termodinámicas para la turbina

Ilustración	Ecuaciones	Descripcion
	$h_2 = h_f + x_2 h_{fg}$	Entalpía
	$\Delta h = h_2 - h_1$	Diferencial de entalpía
	$\Delta ec = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2}$	Diferencial de energía
	$\Delta ep = g(z_2 - z_1)$	Diferencial de potencia
	$\dot{E}_{entrada} = \dot{E}_{salida}$	Balance de energía
	$\dot{m} \left( h_1 + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 \right) = \dot{m} \left( h_2 + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \right)$	Balance de energía cuando Q = 0
	$\left[ (h_2 - h_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \right] = -w_{salida}$	Trabajo en función de balance de energía
	$-w_{salida} = -(\Delta h + \Delta ec + \Delta ep)$	Trabajo en función de diferencial de energías
	$\dot{m} = \frac{\dot{W}_{salida}}{w_{salida}}$	Flujo másico

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 4.** Formulas termodinámicas para tuberías

Ilustración	Ecuaciones	Descripcion
	$m = \frac{v}{v}$	Flujo másico
	$V = \dot{m}v$	Velocidad del flujo volumétrico
	$m_2 - m_1 = \dot{m}_{en} (t_2 - t_1)$	flujo estable
	$m_2 = V/v$	Flujo másico dado que $m_1 = 0, t_1 = 0$

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL.

**Tabla 5.** Formulas termodinámicas para el compresor

Ilustración	Ecuaciones	Descripción
	$\Delta ec = \Delta ep = 0$	Diferencial de energías
	$\dot{E}_{entrada} = \dot{E}_{salida}$	Balance de energía
	$\dot{E}_{entrada} + \dot{m}h_1 = \dot{Q}_{salida} + \dot{m}h_2$	Balance de energía cuando $\Delta ec \cong 0, \Delta ep \cong 0$
	$\dot{w}_{entrada} = \dot{m}q_{salida} + \dot{m}(h_2 - h_1)$	Trabajo en función de balance de energía

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 6.** Formulas termodinámicas para el intercambiador de calor

Ilustración	Ecuaciones	Descripción
	$\dot{m}_{Entrada} = \dot{m}_{Salida}$	Balance de masa
	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_w$ $\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_R$	Balance de masa para cada corriente de fluido.
	$\dot{E}_{entrada} - \dot{E}_{salida} = Ed_{sistema}/dt$ $\dot{m}_1h_1 + \dot{m}_3h_3 = \dot{m}_2h_2 + \dot{m}_4h_4$	Balance de energía
	$\dot{m}_w(h_1h_2)\dot{m}_R(h_3h_4)$	Combinación de los balances de masa y energía
	$\dot{Q}_{w,entrada} = \dot{m}_w (h_2 - h_1)$	Balance de energía

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

Al identificar el modelo de ecuaciones matemáticas, los cuales son las operaciones bases con las que cuenta el software para dar solución a los problemas. Se agregan las tablas termodinámicas del agua saturada de temperaturas y presiones con el fin de que el software pueda complementarla con la información dada del problema propuesto por el estudiante.

En las tablas termodinámicas 7 a 26, se muestran los diferentes parámetros de gran relevancia cuando se va a resolver cualquier ejercicio termodinámico debido a que se basan en tablas de valores para construir gráficas bidimensionales y tridimensionales, obteniendo como resultados los datos faltantes para resolver las ecuaciones y así darles solución a los ejercicios por ello son necesarias en el software. A continuación, se pueden observar las tablas termodinámicas del agua saturada, vapor de agua sobrecalentada y gas ideal del aire.

**Tabla 7.** Agua saturada tabla de temperaturas 0.01°C – 200°C (Sistema internacional)

Temp., T °C	Volumen específico, m <sup>3</sup> /kg			Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg - K		
	Pres. sat., P <sub>sat</sub> kPa	Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vapor sat., v <sub>g</sub>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., 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
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	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	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 8.** Agua saturada tabla de temperaturas 205°C – 373.95°C (Sistema internacional)

Agua saturada. Tabla de temperaturas (conclusión)													
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>		Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
205	1724.3	0.001164	0.11508		872.86	1723.5	2596.4	874.87	1920.0	2794.8	2.3776	4.0154	6.3930
210	1907.7	0.001173	0.10429		895.38	1702.9	2598.3	897.61	1899.7	2797.3	2.4245	3.9318	6.3563
215	2105.9	0.001181	0.094680		918.02	1681.9	2599.9	920.50	1878.8	2799.3	2.4712	3.8489	6.3200
220	2319.6	0.001190	0.086094		940.79	1660.5	2601.3	943.55	1857.4	2801.0	2.5176	3.7664	6.2840
225	2549.7	0.001199	0.078405		963.70	1638.6	2602.3	966.76	1835.4	2802.2	2.5639	3.6844	6.2483
230	2797.1	0.001209	0.071505		986.76	1616.1	2602.9	990.14	1812.8	2802.9	2.6100	3.6028	6.2128
235	3062.6	0.001219	0.065300		1010.0	1593.2	2603.2	1013.7	1789.5	2803.2	2.6560	3.5216	6.1775
240	3347.0	0.001229	0.059707		1033.4	1569.8	2603.1	1037.5	1765.5	2803.0	2.7018	3.4405	6.1424
245	3651.2	0.001240	0.054656		1056.9	1545.7	2602.7	1061.5	1740.8	2802.2	2.7476	3.3596	6.1072
250	3976.2	0.001252	0.050085		1080.7	1521.1	2601.8	1085.7	1715.3	2801.0	2.7933	3.2788	6.0721
255	4322.9	0.001263	0.045941		1104.7	1495.8	2600.5	1110.1	1689.0	2799.1	2.8390	3.1979	6.0369
260	4692.3	0.001276	0.042175		1128.8	1469.9	2598.7	1134.8	1661.8	2796.6	2.8847	3.1169	6.0017
265	5085.3	0.001289	0.038748		1153.3	1443.2	2596.5	1159.8	1633.7	2793.5	2.9304	3.0358	5.9662
270	5503.0	0.001303	0.035622		1177.9	1415.7	2593.7	1185.1	1604.6	2789.7	2.9762	2.9542	5.9305
275	5946.4	0.001317	0.032767		1202.9	1387.4	2590.3	1210.7	1574.5	2785.2	3.0221	2.8723	5.8944
280	6416.6	0.001333	0.030153		1228.2	1358.2	2586.4	1236.7	1543.2	2779.9	3.0681	2.7898	5.8579
285	6914.6	0.001349	0.027756		1253.7	1328.1	2581.8	1263.1	1510.7	2773.7	3.1144	2.7066	5.8210
290	7441.8	0.001366	0.025554		1279.7	1296.9	2576.5	1289.8	1476.9	2766.7	3.1608	2.6225	5.7834
295	7999.0	0.001384	0.023528		1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2076	2.5374	5.7450
300	8587.9	0.001404	0.021659		1332.7	1230.9	2563.6	1344.8	1404.8	2749.6	3.2548	2.4511	5.7059
305	9209.4	0.001425	0.019932		1360.0	1195.9	2555.8	1373.1	1366.3	2739.4	3.3024	2.3633	5.6657
310	9865.0	0.001447	0.018333		1387.7	1159.3	2547.1	1402.0	1325.9	2727.9	3.3506	2.2737	5.6243
315	10,556	0.001472	0.016849		1416.1	1121.1	2537.2	1431.6	1283.4	2715.0	3.3994	2.1821	5.5816
320	11,284	0.001499	0.015470		1445.1	1080.9	2526.0	1462.0	1238.5	2700.6	3.4491	2.0881	5.5372
325	12,051	0.001528	0.014183		1475.0	1038.5	2513.4	1493.4	1191.0	2684.3	3.4998	1.9911	5.4908
330	12,858	0.001560	0.012979		1505.7	993.5	2499.2	1525.8	1140.3	2666.0	3.5516	1.8906	5.4422
335	13,707	0.001597	0.011848		1537.5	945.5	2483.0	1559.4	1086.0	2645.4	3.6050	1.7857	5.3907
340	14,601	0.001638	0.010783		1570.7	893.8	2464.5	1594.6	1027.4	2622.0	3.6602	1.6756	5.3358
345	15,541	0.001685	0.009772		1605.5	837.7	2443.2	1631.7	963.4	2595.1	3.7179	1.5585	5.2765
350	16,529	0.001741	0.008806		1642.4	775.9	2418.3	1671.2	892.7	2563.9	3.7788	1.4326	5.2114
355	17,570	0.001808	0.007872		1682.2	706.4	2388.6	1714.0	812.9	2526.9	3.8442	1.2942	5.1384
360	18,666	0.001895	0.006950		1726.2	625.7	2351.9	1761.5	720.1	2481.6	3.9165	1.1373	5.0537
365	19,822	0.002015	0.006009		1777.2	526.4	2303.6	1817.2	605.5	2422.7	4.0004	0.9489	4.9493
370	21,044	0.002217	0.004953		1844.5	385.6	2230.1	1891.2	443.1	2334.3	4.1119	0.6890	4.8009
373.95	22,064	0.003106	0.003106		2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 9.** Agua saturada tabla de presiones 1 kPa – 750 kPa (Sistema internacional)

Agua saturada. Tabla de presiones												
Pres., P kPa	Temp. sat., T <sub>sat</sub> °C	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>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	121.39	2432.3	2553.7	0.4224	8.0510	8.4734
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	137.75	2423.0	2560.7	0.4762	7.9176	8.3938
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	168.75	2405.3	2574.0	0.5763	7.6738	8.2501
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	191.81	2392.1	2583.9	0.6492	7.4996	8.1488
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	225.94	2372.3	2598.3	0.7549	7.2522	8.0071
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	251.42	2357.5	2608.9	0.8320	7.0752	7.9073
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	271.96	2345.5	2617.5	0.8932	6.9370	7.8302
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	289.27	2335.3	2624.6	0.9441	6.8234	7.7675
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	317.62	2318.4	2636.1	1.0261	6.6430	7.6691
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	340.54	2304.7	2645.2	1.0912	6.5019	7.5931
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	467.13	2226.0	2693.1	1.4337	5.7894	7.2231
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	487.01	2213.1	2700.2	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	504.71	2201.6	2706.3	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	520.71	2191.0	2711.7	1.5706	5.5171	7.0877
250	127.41	0.001067	0.71873	535.08	2001.8	2536.8	535.35	2181.2	2716.5	1.6072	5.4453	7.0525
275	130.58	0.001070	0.65732	548.57	1991.6	2540.1	548.86	2172.0	2720.9	1.6408	5.3800	7.0207
300	133.52	0.001073	0.60582	561.11	1982.1	2543.2	561.43	2163.5	2724.9	1.6717	5.3200	6.9917
325	136.27	0.001076	0.56199	572.84	1973.1	2545.9	573.19	2155.4	2728.6	1.7005	5.2645	6.9650
350	138.86	0.001079	0.52422	583.89	1964.6	2548.5	584.26	2147.7	2732.0	1.7274	5.2128	6.9402
375	141.30	0.001081	0.49133	594.32	1956.6	2550.9	594.73	2140.4	2735.1	1.7526	5.1645	6.9171
400	143.61	0.001084	0.46242	604.22	1948.9	2553.1	604.66	2133.4	2738.1	1.7765	5.1191	6.8955
450	147.90	0.001088	0.41392	622.65	1934.5	2557.1	623.14	2120.3	2743.4	1.8205	5.0356	6.8561
500	151.83	0.001093	0.37483	639.54	1921.2	2560.7	640.09	2108.0	2748.1	1.8604	4.9603	6.8207
550	155.46	0.001097	0.34261	655.16	1908.8	2563.9	655.77	2096.6	2752.4	1.8970	4.8916	6.7886
600	158.83	0.001101	0.31560	669.72	1897.1	2566.8	670.38	2085.8	2756.2	1.9308	4.8285	6.7593
650	161.98	0.001104	0.29260	683.37	1886.1	2569.4	684.08	2075.5	2759.6	1.9623	4.7699	6.7322
700	164.95	0.001108	0.27278	696.23	1875.6	2571.8	697.00	2065.8	2762.8	1.9918	4.7153	6.7071
750	167.75	0.001111	0.25552	708.40	1865.6	2574.0	709.24	2056.4	2765.7	2.0195	4.6642	6.6837

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 10.** Agua saturada tabla de presiones 800 kPa – 22064 kPa (Sistema internacional)

Agua saturada. Tabla de presiones (conclusión)												
Pres., P kPa	Temp. sat., T <sub>sat</sub> °C	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>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
800	170.41	0.001115	0.24035	719.97	1856.1	2576.0	720.87	2047.5	2768.3	2.0457	4.6160	6.6616
850	172.94	0.001118	0.22690	731.00	1846.9	2577.9	731.95	2038.8	2770.8	2.0705	4.5705	6.6409
900	175.35	0.001121	0.21489	741.55	1838.1	2579.6	742.56	2030.5	2773.0	2.0941	4.5273	6.6213
950	177.66	0.001124	0.20411	751.67	1829.6	2581.3	752.74	2022.4	2775.2	2.1166	4.4862	6.6027
1000	179.88	0.001127	0.19436	761.39	1821.4	2582.8	762.51	2014.6	2777.1	2.1381	4.4470	6.5850
1100	184.06	0.001133	0.17745	779.78	1805.7	2585.5	781.03	1999.6	2780.7	2.1785	4.3735	6.5520
1200	187.96	0.001138	0.16326	796.96	1790.9	2587.8	798.33	1985.4	2783.8	2.2159	4.3058	6.5217
1300	191.60	0.001144	0.15119	813.10	1776.8	2589.9	814.59	1971.9	2786.5	2.2508	4.2428	6.4936
1400	195.04	0.001149	0.14078	828.35	1763.4	2591.8	829.96	1958.9	2788.9	2.2835	4.1840	6.4675
1500	198.29	0.001154	0.13171	842.82	1750.6	2593.4	844.55	1946.4	2791.0	2.3143	4.1287	6.4430
1750	205.72	0.001166	0.11344	876.12	1720.6	2596.7	878.16	1917.1	2795.2	2.3844	4.0033	6.3877
2000	212.38	0.001177	0.099587	906.12	1693.0	2599.1	908.47	1889.8	2798.3	2.4467	3.8923	6.3390
2250	218.41	0.001187	0.088717	933.54	1667.3	2600.9	936.21	1864.3	2800.5	2.5029	3.7926	6.2954
2500	223.95	0.001197	0.079952	958.87	1643.2	2602.1	961.87	1840.1	2801.9	2.5542	3.7016	6.2558
3000	233.85	0.001217	0.066667	1004.6	1598.5	2603.2	1008.3	1794.9	2803.2	2.6454	3.5402	6.1856
3500	242.56	0.001235	0.057061	1045.4	1557.6	2603.0	1049.7	1753.0	2802.7	2.7253	3.3991	6.1244
4000	250.35	0.001252	0.049779	1082.4	1519.3	2601.7	1087.4	1713.5	2800.8	2.7966	3.2731	6.0696
5000	263.94	0.001286	0.039448	1148.1	1448.9	2597.0	1154.5	1639.7	2794.2	2.9207	3.0530	5.9737
6000	275.59	0.001319	0.032449	1205.8	1384.1	2589.9	1213.8	1570.9	2784.6	3.0275	2.8627	5.8902
7000	285.83	0.001352	0.027378	1258.0	1323.0	2581.0	1267.5	1505.2	2772.6	3.1220	2.6927	5.8148
8000	295.01	0.001384	0.023525	1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2077	2.5373	5.7450
9000	303.35	0.001418	0.020489	1350.9	1207.6	2558.5	1363.7	1379.3	2742.9	3.2866	2.3925	5.6791
10,000	311.00	0.001452	0.018028	1393.3	1151.8	2545.2	1407.8	1317.6	2725.5	3.3603	2.2556	5.6159
11,000	318.08	0.001488	0.015988	1433.9	1096.6	2530.4	1450.2	1256.1	2706.3	3.4299	2.1245	5.5544
12,000	324.68	0.001526	0.014264	1473.0	1041.3	2514.3	1491.3	1194.1	2685.4	3.4964	1.9975	5.4939
13,000	330.85	0.001566	0.012781	1511.0	985.5	2496.6	1531.4	1131.3	2662.7	3.5606	1.8730	5.4336
14,000	336.67	0.001610	0.011487	1548.4	928.7	2477.1	1571.0	1067.0	2637.9	3.6232	1.7497	5.3728
15,000	342.16	0.001657	0.010341	1585.5	870.3	2455.7	1610.3	1000.5	2610.8	3.6848	1.6261	5.3108
16,000	347.36	0.001710	0.009312	1622.6	809.4	2432.0	1649.9	931.1	2581.0	3.7461	1.5005	5.2466
17,000	352.29	0.001770	0.008374	1660.2	745.1	2405.4	1690.3	857.4	2547.7	3.8082	1.3709	5.1791
18,000	356.99	0.001840	0.007504	1699.1	675.9	2375.0	1732.2	777.8	2510.0	3.8720	1.2343	5.1064
19,000	361.47	0.001926	0.006677	1740.3	598.9	2339.2	1776.8	689.2	2466.0	3.9396	1.0860	5.0256
20,000	365.75	0.002038	0.005862	1785.8	509.0	2294.8	1826.6	585.5	2412.1	4.0146	0.9164	4.9310
21,000	369.83	0.002207	0.004994	1841.6	391.9	2233.5	1888.0	450.4	2338.4	4.1071	0.7005	4.8076
22,000	373.71	0.002703	0.003644	1951.7	140.8	2092.4	2011.1	161.5	2172.6	4.2942	0.2496	4.5439
22,064	373.95	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 11.** Agua saturada tabla de temperaturas 32,018°F –390°F (Sistema ingles)

Agua saturada. Tabla de temperaturas												
Temp., T °F	Pres. sat., P <sub>sat</sub> Psia	Volumen específico, ft <sup>3</sup> /lbm		Energía interna, Btu/lbm			Entalpía, Btu/lbm			Entropía, Btu/lbm · R		
		Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vapor sat., v <sub>g</sub>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
32.018	0.08871	0.01602	3299.9	0.000	1021.0	1021.0	0.000	1075.2	1075.2	0.00000	2.18672	2.1867
35	0.09998	0.01602	2945.7	3.004	1019.0	1022.0	3.004	1073.5	1076.5	0.00609	2.17011	2.1762
40	0.12173	0.01602	2443.6	8.032	1015.6	1023.7	8.032	1070.7	1078.7	0.01620	2.14271	2.1589
45	0.14756	0.01602	2035.8	13.05	1012.2	1025.3	13.05	1067.8	1080.9	0.02620	2.11587	2.1421
50	0.17812	0.01602	1703.1	18.07	1008.9	1026.9	18.07	1065.0	1083.1	0.03609	2.08956	2.1256
55	0.21413	0.01603	1430.4	23.07	1005.5	1028.6	23.07	1062.2	1085.3	0.04586	2.06377	2.1096
60	0.25638	0.01604	1206.1	28.08	1002.1	1030.2	28.08	1059.4	1087.4	0.05554	2.03847	2.0940
65	0.30578	0.01604	1020.8	33.08	998.76	1031.8	33.08	1056.5	1089.6	0.06511	2.01366	2.0788
70	0.36334	0.01605	867.18	38.08	995.39	1033.5	38.08	1053.7	1091.8	0.07459	1.98931	2.0639
75	0.43016	0.01606	739.27	43.07	992.02	1035.1	43.07	1050.9	1093.9	0.08398	1.96541	2.0494
80	0.50745	0.01607	632.41	48.06	988.65	1036.7	48.07	1048.0	1096.1	0.09328	1.94196	2.0352
85	0.59659	0.01609	542.80	53.06	985.28	1038.3	53.06	1045.2	1098.3	0.10248	1.91892	2.0214
90	0.69904	0.01610	467.40	58.05	981.90	1040.0	58.05	1042.4	1100.4	0.11161	1.89630	2.0079
95	0.81643	0.01612	403.74	63.04	978.52	1041.6	63.04	1039.5	1102.6	0.12065	1.87408	1.9947
100	0.95052	0.01613	349.83	68.03	975.14	1043.2	68.03	1036.7	1104.7	0.12961	1.85225	1.9819
110	1.2767	0.01617	264.96	78.01	968.36	1046.4	78.02	1031.0	1109.0	0.14728	1.80970	1.9570
120	1.6951	0.01620	202.94	88.00	961.56	1049.6	88.00	1025.2	1113.2	0.16466	1.76856	1.9332
130	2.2260	0.01625	157.09	97.99	954.73	1052.7	97.99	1019.4	1117.4	0.18174	1.72877	1.9105
140	2.8931	0.01629	122.81	107.98	947.87	1055.9	107.99	1013.6	1121.6	0.19855	1.69024	1.8888
150	3.7234	0.01634	96.929	117.98	940.98	1059.0	117.99	1007.8	1125.7	0.21508	1.65291	1.8680
160	4.7474	0.01639	77.185	127.98	934.05	1062.0	128.00	1001.8	1129.8	0.23136	1.61670	1.8481
170	5.9999	0.01645	61.982	138.00	927.08	1065.1	138.02	995.88	1133.9	0.24739	1.58155	1.8289
180	7.5197	0.01651	50.172	148.02	920.06	1068.1	148.04	989.85	1137.9	0.26318	1.54741	1.8106
190	9.3497	0.01657	40.920	158.05	912.99	1071.0	158.08	983.76	1141.8	0.27874	1.51421	1.7930
200	11.538	0.01663	33.613	168.10	905.87	1074.0	168.13	977.60	1145.7	0.29409	1.48191	1.7760
210	14.136	0.01670	27.798	178.15	898.68	1076.8	178.20	971.35	1149.5	0.30922	1.45046	1.7597
212	14.709	0.01671	26.782	180.16	897.24	1077.4	180.21	970.09	1150.3	0.31222	1.44427	1.7565
220	17.201	0.01677	23.136	188.22	891.43	1079.6	188.28	965.02	1153.3	0.32414	1.41980	1.7439
230	20.795	0.01684	19.374	198.31	884.10	1082.4	198.37	958.59	1157.0	0.33887	1.38989	1.7288
240	24.985	0.01692	16.316	208.41	876.70	1085.1	208.49	952.06	1160.5	0.35342	1.36069	1.7141
250	29.844	0.01700	13.816	218.54	869.21	1087.7	218.63	945.41	1164.0	0.36779	1.33216	1.6999
260	35.447	0.01708	11.760	228.68	861.62	1090.3	228.79	938.65	1167.4	0.38198	1.30425	1.6862
270	41.877	0.01717	10.059	238.85	853.94	1092.8	238.98	931.76	1170.7	0.39601	1.27694	1.6730
280	49.222	0.01726	8.6439	249.04	846.16	1095.2	249.20	924.74	1173.9	0.40989	1.25018	1.6601
290	57.573	0.01735	7.4607	259.26	838.27	1097.5	259.45	917.57	1177.0	0.42361	1.22393	1.6475
300	67.028	0.01745	6.4663	269.51	830.25	1099.8	269.73	910.24	1180.0	0.43720	1.19818	1.6354
310	77.691	0.01755	5.6266	279.79	822.11	1101.9	280.05	902.75	1182.8	0.45065	1.17289	1.6235
320	89.667	0.01765	4.9144	290.11	813.84	1104.0	290.40	895.09	1185.5	0.46396	1.14802	1.6120
330	103.07	0.01776	4.3076	300.46	805.43	1105.9	300.80	887.25	1188.1	0.47716	1.12355	1.6007
340	118.02	0.01787	3.7885	310.85	796.87	1107.7	311.24	879.22	1190.5	0.49024	1.09945	1.5897
350	134.63	0.01799	3.3425	321.29	788.16	1109.4	321.73	870.98	1192.7	0.50321	1.07570	1.5789
360	153.03	0.01811	2.9580	331.76	779.28	1111.0	332.28	862.53	1194.8	0.51607	1.05227	1.5683
370	173.36	0.01823	2.6252	342.29	770.23	1112.5	342.88	853.86	1196.7	0.52884	1.02914	1.5580
380	195.74	0.01836	2.3361	352.87	761.00	1113.9	353.53	844.96	1198.5	0.54152	1.00628	1.5478
390	220.33	0.01850	2.0842	363.50	751.58	1115.1	364.25	835.81	1200.1	0.55411	0.98366	1.5378

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 12.** Agua saturada tabla de temperaturas 400°F –705,100°F (Sistema ingles)

Temp., T °F	Pres. sat., P <sub>sat</sub> psia	Volumen específico, ft <sup>3</sup> /lbm		Energía interna, Btu/lbm			Entalpía, Btu/lbm			Entropía, Btu/lbm · R		
		Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vapor sat., v <sub>g</sub>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
400	247.26	0.01864	1.8639	374.19	741.97	1116.2	375.04	826.39	1201.4	0.56663	0.96127	1.5279
410	276.69	0.01878	1.6706	384.94	732.14	1117.1	385.90	816.71	1202.6	0.57907	0.93908	1.5182
420	308.76	0.01894	1.5006	395.76	722.08	1117.8	396.84	806.74	1203.6	0.59145	0.91707	1.5085
430	343.64	0.01910	1.3505	406.65	711.80	1118.4	407.86	796.46	1204.3	0.60377	0.89522	1.4990
440	381.49	0.01926	1.2178	417.61	701.26	1118.9	418.97	785.87	1204.8	0.61603	0.87349	1.4895
450	422.47	0.01944	1.0999	428.66	690.47	1119.1	430.18	774.94	1205.1	0.62826	0.85187	1.4801
460	466.75	0.01962	0.99510	439.79	679.39	1119.2	441.48	763.65	1205.1	0.64044	0.83033	1.4708
470	514.52	0.01981	0.90158	451.01	668.02	1119.0	452.90	751.98	1204.9	0.65260	0.80885	1.4615
480	565.96	0.02001	0.81794	462.34	656.34	1118.7	464.43	739.91	1204.3	0.66474	0.78739	1.4521
490	621.24	0.02022	0.74296	473.77	644.32	1118.1	476.09	727.40	1203.5	0.67686	0.76594	1.4428
500	680.56	0.02044	0.67558	485.32	631.94	1117.3	487.89	714.44	1202.3	0.68899	0.74445	1.4334
510	744.11	0.02067	0.61489	496.99	619.17	1116.2	499.84	700.99	1200.8	0.70112	0.72290	1.4240
520	812.11	0.02092	0.56009	508.80	605.99	1114.8	511.94	687.01	1199.0	0.71327	0.70126	1.4145
530	884.74	0.02118	0.51051	520.76	592.35	1113.1	524.23	672.47	1196.7	0.72546	0.67947	1.4049
540	962.24	0.02146	0.46553	532.88	578.23	1111.1	536.70	657.31	1194.0	0.73770	0.65751	1.3952
550	1044.8	0.02176	0.42465	545.18	563.58	1108.8	549.39	641.47	1190.9	0.75000	0.63532	1.3853
560	1132.7	0.02207	0.38740	557.68	548.33	1106.0	562.31	624.91	1187.2	0.76238	0.61284	1.3752
570	1226.2	0.02242	0.35339	570.40	532.45	1102.8	575.49	607.55	1183.0	0.77486	0.59003	1.3649
580	1325.5	0.02279	0.32225	583.37	515.84	1099.2	588.95	589.29	1178.2	0.78748	0.56679	1.3543
590	1430.8	0.02319	0.29367	596.61	498.43	1095.0	602.75	570.04	1172.8	0.80026	0.54306	1.3433
600	1542.5	0.02362	0.26737	610.18	480.10	1090.3	616.92	549.67	1166.6	0.81323	0.51871	1.3319
610	1660.9	0.02411	0.24309	624.11	460.73	1084.8	631.52	528.03	1159.5	0.82645	0.49363	1.3201
620	1786.2	0.02464	0.22061	638.47	440.14	1078.6	646.62	504.92	1151.5	0.83998	0.46765	1.3076
630	1918.9	0.02524	0.19972	653.35	418.12	1071.5	662.32	480.07	1142.4	0.85389	0.44056	1.2944
640	2059.3	0.02593	0.18019	668.86	394.36	1063.2	678.74	453.14	1131.9	0.86828	0.41206	1.2803
650	2207.8	0.02673	0.16184	685.16	368.44	1053.6	696.08	423.65	1119.7	0.88332	0.38177	1.2651
660	2364.9	0.02767	0.14444	702.48	339.74	1042.2	714.59	390.84	1105.4	0.89922	0.34906	1.2483
670	2531.2	0.02884	0.12774	721.23	307.22	1028.5	734.74	353.54	1088.3	0.91636	0.31296	1.2293
680	2707.3	0.03035	0.11134	742.11	269.00	1011.1	757.32	309.57	1066.9	0.93541	0.27163	1.2070
690	2894.1	0.03255	0.09451	766.81	220.77	987.6	784.24	253.96	1038.2	0.95797	0.22089	1.1789
700	3093.0	0.03670	0.07482	801.75	146.50	948.3	822.76	168.32	991.1	0.99023	0.14514	1.1354
705.10	3200.1	0.04975	0.04975	866.61	0	866.6	896.07	0	896.1	1.05257	0	1.0526

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 13.** Agua saturada tabla de presiones 1 psi – 600 psi (Sistema ingles)

Agua saturada. Tabla de presiones												
Pres., P psia	Temp. sat., T <sub>sat</sub> °F	Volumen específico, ft <sup>3</sup> /lbm		Energía interna, Btu/lbm			Entalpía, Btu/lbm			Entropía, Btu/lbm · R		
		Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vapor sat., v <sub>g</sub>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
1	101.69	0.01614	333.49	69.72	973.99	1043.7	69.72	1035.7	1105.4	0.13262	1.84495	1.9776
2	126.02	0.01623	173.71	94.02	957.45	1051.5	94.02	1021.7	1115.8	0.17499	1.74444	1.9194
3	141.41	0.01630	118.70	109.39	946.90	1056.3	109.40	1012.8	1122.2	0.20090	1.68489	1.8858
4	152.91	0.01636	90.629	120.89	938.97	1059.9	120.90	1006.0	1126.9	0.21985	1.64225	1.8621
5	162.18	0.01641	73.525	130.17	932.53	1062.7	130.18	1000.5	1130.7	0.23488	1.60894	1.8438
6	170.00	0.01645	61.982	138.00	927.08	1065.1	138.02	995.88	1133.9	0.24739	1.58155	1.8289
8	182.81	0.01652	47.347	150.83	918.08	1068.9	150.86	988.15	1139.0	0.26757	1.53800	1.8056
10	193.16	0.01659	38.425	161.22	910.75	1072.0	161.25	981.82	1143.1	0.28362	1.50391	1.7875
14.696	211.95	0.01671	26.805	180.12	897.27	1077.4	180.16	970.12	1150.3	0.31215	1.44441	1.7566
15	212.99	0.01672	26.297	181.16	896.52	1077.7	181.21	969.47	1150.7	0.31370	1.44441	1.7549
20	227.92	0.01683	20.093	196.21	885.63	1081.8	196.27	959.93	1156.2	0.33582	1.39606	1.7319
25	240.03	0.01692	16.307	208.45	876.67	1085.1	208.52	952.03	1160.6	0.35347	1.36060	1.7141
30	250.30	0.01700	13.749	218.84	868.98	1087.8	218.93	945.21	1164.1	0.36821	1.33132	1.6995
35	259.25	0.01708	11.901	227.92	862.19	1090.1	228.03	939.16	1167.2	0.38093	1.30632	1.6872
40	267.22	0.01715	10.501	236.02	856.09	1092.1	236.14	933.69	1169.8	0.39213	1.28448	1.6766
45	274.41	0.01721	9.4028	243.34	850.52	1093.9	243.49	928.68	1172.2	0.40216	1.26506	1.6672
50	280.99	0.01727	8.5175	250.05	845.39	1095.4	250.21	924.03	1174.2	0.41125	1.24756	1.6588
55	287.05	0.01732	7.7882	256.25	840.61	1096.9	256.42	919.70	1176.1	0.41958	1.23162	1.6512
60	292.69	0.01738	7.1766	262.01	836.13	1098.1	262.20	915.61	1177.8	0.42728	1.21697	1.6442
65	297.95	0.01743	6.6560	267.41	831.90	1099.3	267.62	911.75	1179.4	0.43443	1.20341	1.6378
70	302.91	0.01748	6.2075	272.50	827.90	1100.4	272.72	908.08	1180.8	0.44112	1.19078	1.6319
75	307.59	0.01752	5.8167	277.31	824.09	1101.4	277.55	904.58	1182.1	0.44741	1.17895	1.6264
80	312.02	0.01757	5.4733	281.87	820.45	1102.3	282.13	901.22	1183.4	0.45335	1.16783	1.6212
85	316.24	0.01761	5.1689	286.22	816.97	1103.2	286.50	898.00	1184.5	0.45897	1.15732	1.6163
90	320.26	0.01765	4.8972	290.38	813.62	1104.0	290.67	894.89	1185.6	0.46431	1.14737	1.6117
95	324.11	0.01770	4.6532	294.36	810.40	1104.8	294.67	891.89	1186.6	0.46941	1.13791	1.6073
100	327.81	0.01774	4.4327	298.19	807.29	1105.5	298.51	888.99	1187.5	0.47427	1.12888	1.6032
110	334.77	0.01781	4.0410	305.41	801.37	1106.8	305.78	883.44	1189.2	0.48341	1.11201	1.5954
120	341.25	0.01789	3.7289	312.16	795.79	1107.9	312.55	878.20	1190.8	0.49187	1.09646	1.5883
130	347.32	0.01796	3.4557	318.48	790.51	1109.0	318.92	873.21	1192.1	0.49974	1.08204	1.5818
140	353.03	0.01802	3.2202	324.45	785.49	1109.9	324.92	868.45	1193.4	0.50711	1.06858	1.5757
150	358.42	0.01809	3.0150	330.11	780.69	1110.8	330.61	863.88	1194.5	0.51405	1.05595	1.5700
160	363.54	0.01815	2.8347	335.49	776.10	1111.6	336.02	859.49	1195.5	0.52061	1.04405	1.5647
170	368.41	0.01821	2.6749	340.62	771.68	1112.3	341.19	855.25	1196.4	0.52682	1.03279	1.5596
180	373.07	0.01827	2.5322	345.53	767.42	1113.0	346.14	851.16	1197.3	0.53274	1.02210	1.5548
190	377.52	0.01833	2.4040	350.24	763.31	1113.6	350.89	847.19	1198.1	0.53839	1.01191	1.5503
200	381.80	0.01839	2.2882	354.78	759.32	1114.1	355.46	843.33	1198.8	0.54379	1.00219	1.5460
250	400.97	0.01865	1.8440	375.23	741.02	1116.3	376.09	825.47	1201.6	0.56784	0.95912	1.5270
300	417.35	0.01890	1.5435	392.89	724.77	1117.7	393.94	809.41	1203.3	0.58818	0.92289	1.5111
350	431.74	0.01912	1.3263	408.55	709.98	1118.5	409.79	794.65	1204.4	0.60590	0.89143	1.4973
400	444.62	0.01934	1.1617	422.70	696.31	1119.0	424.13	780.87	1205.0	0.62168	0.86350	1.4852
450	456.31	0.01955	1.0324	435.67	683.52	1119.2	437.30	767.86	1205.2	0.63595	0.83828	1.4742
500	467.04	0.01975	0.92819	447.68	671.42	1119.1	449.51	755.48	1205.0	0.64900	0.81521	1.4642
550	476.97	0.01995	0.84228	458.90	659.91	1118.8	460.93	743.60	1204.5	0.66107	0.79388	1.4550
600	486.24	0.02014	0.77020	469.46	648.88	1118.3	471.70	732.15	1203.9	0.67231	0.77400	1.4463

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 14.** Agua saturada tabla de presiones 700 psi – 3200.1 psi (Sistema ingles)

Agua saturada. Tabla de presiones (conclusión)												
Pres., P psia	Temp. sat., T <sub>sat.</sub> °F	Volumen específico, ft <sup>3</sup> /lbm		Energía interna, Btu/lbm			Entalpia, Btu/lbm			Entropía, Btu/lbm · R		
		Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vapor sat., v <sub>g</sub>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
700	503.13	0.02051	0.65589	488.96	627.98	1116.9	491.62	710.29	1201.9	0.69279	0.73771	1.4305
800	518.27	0.02087	0.56920	506.74	608.30	1115.0	509.83	689.48	1199.3	0.71117	0.70502	1.4162
900	532.02	0.02124	0.50107	523.19	589.54	1112.7	526.73	669.46	1196.2	0.72793	0.67505	1.4030
1000	544.65	0.02159	0.44604	538.58	571.49	1110.1	542.57	650.03	1192.6	0.74341	0.64722	1.3906
1200	567.26	0.02232	0.36241	566.89	536.87	1103.8	571.85	612.39	1184.2	0.77143	0.59632	1.3677
1400	587.14	0.02307	0.30161	592.79	503.50	1096.3	598.76	575.66	1174.4	0.79658	0.54991	1.3465
1600	604.93	0.02386	0.25516	616.99	470.69	1087.7	624.06	539.18	1163.2	0.81972	0.50645	1.3262
1800	621.07	0.02470	0.21831	640.03	437.86	1077.9	648.26	502.35	1150.6	0.84144	0.46482	1.3063
2000	635.85	0.02563	0.18815	662.33	404.46	1066.8	671.82	464.60	1136.4	0.86224	0.42409	1.2863
2500	668.17	0.02860	0.13076	717.67	313.53	1031.2	730.90	360.79	1091.7	0.91311	0.31988	1.2330
3000	695.41	0.03433	0.08460	783.39	186.41	969.8	802.45	214.32	1016.8	0.97321	0.18554	1.1587
3200.1	705.10	0.04975	0.04975	866.61	0	866.6	896.07	0	896.1	1.05257	0	1.0526

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 15.** Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 0,01 MPa – 0,8 MPa (Sistema internacional)

Vapor de agua sobrecalentado													
T	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s	
°C	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg · K	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg · K	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg · K	
	P – 0.01 MPa (45.81°C)*				P – 0.05 MPa (81.32°C)				P – 0.10 MPa (99.61°C)				
Sat.†	14.670	2437.2	2583.9	8.1488	3.2403	2483.2	2645.2	7.5931	1.6941	2505.6	2675.0	7.3589	
50	14.867	2443.3	2592.0	8.1741									
100	17.196	2515.5	2687.5	8.4489	3.4187	2511.5	2682.4	7.6953	1.6959	2506.2	2675.8	7.3611	
150	19.513	2587.9	2783.0	8.6893	3.8897	2585.7	2780.2	7.9413	1.9367	2582.9	2776.6	7.6148	
200	21.826	2661.4	2879.6	8.9049	4.3562	2660.0	2877.8	8.1592	2.1724	2658.2	2875.5	7.8356	
250	24.136	2736.1	2977.5	9.1015	4.8206	2735.1	2976.2	8.3568	2.4062	2733.9	2974.5	8.0346	
300	26.446	2812.3	3076.7	9.2827	5.2841	2811.6	3075.8	8.5387	2.6389	2810.7	3074.5	8.2172	
400	31.063	2969.3	3280.0	9.6094	6.2094	2968.9	3279.3	8.8659	3.1027	2968.3	3278.6	8.5452	
500	35.680	3132.9	3489.7	9.8998	7.1338	3132.6	3489.3	9.1566	3.5655	3132.2	3488.7	8.8362	
600	40.296	3303.3	3706.3	10.1631	8.0577	3303.1	3706.0	9.4201	4.0279	3302.8	3705.6	9.0999	
700	44.911	3480.8	3929.9	10.4056	8.9813	3480.6	3929.7	9.6626	4.4900	3480.4	3929.4	9.3424	
800	49.527	3665.4	4160.6	10.6312	9.9047	3665.2	4160.4	9.8883	4.9519	3665.0	4160.2	9.5682	
900	54.143	3856.9	4398.3	10.8429	10.8280	3856.8	4398.2	10.1000	5.4137	3856.7	4398.0	9.7800	
1000	58.758	4055.3	4642.8	11.0429	11.7513	4055.2	4642.7	10.3000	5.8755	4055.0	4642.6	9.9800	
1100	63.373	4260.0	4893.8	11.2326	12.6745	4259.9	4893.7	10.4897	6.3372	4259.8	4893.6	10.1698	
1200	67.989	4470.9	5150.8	11.4132	13.5977	4470.8	5150.7	10.6704	6.7988	4470.7	5150.6	10.3504	
1300	72.604	4687.4	5413.4	11.5857	14.5209	4687.3	5413.3	10.8429	7.2605	4687.2	5413.3	10.5229	
	P – 0.20 MPa (120.21°C)				P – 0.30 MPa (133.52°C)				P – 0.40 MPa (143.61°C)				
Sat.	0.88578	2529.1	2706.3	7.1270	0.60582	2543.2	2724.9	6.9917	0.46242	2553.1	2738.1	6.8955	
150	0.95986	2577.1	2769.1	7.2810	0.63402	2571.0	2761.2	7.0792	0.47088	2564.4	2752.8	6.9306	
200	1.08049	2654.6	2870.7	7.5081	0.71643	2651.0	2865.9	7.3132	0.53434	2647.2	2860.9	7.1723	
250	1.19890	2731.4	2971.2	7.7100	0.79645	2728.9	2967.9	7.5180	0.59520	2726.4	2964.5	7.3804	
300	1.31623	2808.8	3072.1	7.8941	0.87535	2807.0	3069.6	7.7037	0.65489	2805.1	3067.1	7.5677	
400	1.54934	2967.2	3277.0	8.2236	1.03155	2966.0	3275.5	8.0347	0.77265	2964.9	3273.9	7.9003	
500	1.78142	3131.4	3487.7	8.5153	1.18672	3130.6	3486.6	8.3271	0.88936	3129.8	3485.5	8.1933	
600	2.01302	3302.2	3704.8	8.7793	1.34139	3301.6	3704.0	8.5915	1.00558	3301.0	3703.3	8.4580	
700	2.24434	3479.9	3928.8	9.0221	1.49580	3479.5	3928.2	8.8345	1.12152	3479.0	3927.6	8.7012	
800	2.47550	3664.7	4159.8	9.2479	1.65004	3664.3	4159.3	9.0605	1.23730	3663.9	4158.9	8.9274	
900	2.70656	3856.3	4397.7	9.4598	1.80417	3856.0	4397.3	9.2725	1.35298	3855.7	4396.9	9.1394	
1000	2.93755	4054.8	4642.3	9.6599	1.95824	4054.5	4642.0	9.4726	1.46859	4054.3	4641.7	9.3396	
1100	3.16848	4259.6	4893.3	9.8497	2.11226	4259.4	4893.1	9.6624	1.58414	4259.2	4892.9	9.5295	
1200	3.39938	4470.5	5150.4	10.0304	2.26624	4470.3	5150.2	9.8431	1.69966	4470.2	5150.0	9.7102	
1300	3.63026	4687.1	5413.1	10.2029	2.42019	4686.9	5413.0	10.0157	1.81516	4686.7	5412.8	9.8828	
	P – 0.50 MPa (151.83°C)				P – 0.60 MPa (158.83°C)				P – 0.80 MPa (170.41°C)				
Sat.	0.37483	2560.7	2748.1	6.8207	0.31560	2566.8	2756.2	6.7593	0.24035	2576.0	2768.3	6.6616	
200	0.42503	2643.3	2855.8	7.0610	0.35212	2639.4	2850.6	6.9683	0.26088	2631.1	2839.8	6.8177	
250	0.47443	2723.8	2961.0	7.2725	0.39390	2721.2	2957.6	7.1833	0.29321	2715.9	2950.4	7.0402	
300	0.52261	2803.3	3064.6	7.4614	0.43442	2801.4	3062.0	7.3740	0.32416	2797.5	3056.9	7.2345	
350	0.57015	2883.0	3168.1	7.6346	0.47428	2881.6	3166.1	7.5481	0.35442	2878.6	3162.2	7.4107	
400	0.61731	2963.7	3272.4	7.7956	0.51374	2962.5	3270.8	7.7097	0.38429	2960.2	3267.7	7.5735	
500	0.71095	3129.0	3484.5	8.0893	0.59200	3128.2	3483.4	8.0041	0.44332	3126.6	3481.3	7.8692	
600	0.80409	3300.4	3702.5	8.3544	0.66976	3299.8	3701.7	8.2695	0.50186	3298.7	3700.1	8.1354	
700	0.89696	3478.6	3927.0	8.5978	0.74725	3478.1	3926.4	8.5132	0.56011	3477.2	3925.3	8.3794	
800	0.98966	3663.6	4158.4	8.8240	0.82457	3663.2	4157.9	8.7395	0.61820	3662.5	4157.0	8.6061	
900	1.08227	3855.4	4396.6	9.0362	0.90179	3855.1	4396.2	8.9518	0.67619	3854.5	4395.5	8.8185	
1000	1.17480	4054.0	4641.4	9.2364	0.97893	4053.8	4641.1	9.1521	0.73411	4053.3	4640.5	9.0189	
1100	1.26728	4259.0	4892.6	9.4263	1.05603	4258.8	4892.4	9.3420	0.79197	4258.3	4891.9	9.2090	
1200	1.35972	4470.0	5149.8	9.6071	1.13309	4469.8	5149.6	9.5229	0.84980	4469.4	5149.3	9.3898	
1300	1.45214	4686.6	5412.6	9.7797	1.21012	4686.4	5412.5	9.6955	0.90761	4686.1	5412.2	9.5625	

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 16.** Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 1 MPa – 3,50 MPa  
 (Sistema internacional)

Vapor de agua sobrecalentado (continuación)													
<i>T</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>
°C	m <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg · K	m <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg · K	m <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg · K	m <sup>3</sup> /kg
<i>P</i> = 1.00 MPa (179.88 °C)				<i>P</i> = 1.20 MPa (187.96 °C)				<i>P</i> = 1.40 MPa (195.04 °C)					
Sat.	0.19437	2582.8	2777.1	6.5850	0.16326	2587.8	2783.8	6.5217	0.14078	2591.8	2788.9	6.4675	
200	0.20602	2622.3	2828.3	6.6956	0.16934	2612.9	2816.1	6.5909	0.14303	2602.7	2803.0	6.4975	
250	0.23275	2710.4	2943.1	6.9265	0.19241	2704.7	2935.6	6.8313	0.16356	2698.9	2927.9	6.7488	
300	0.25799	2793.7	3051.6	7.1246	0.21386	2789.7	3046.3	7.0335	0.18233	2785.7	3040.9	6.9553	
350	0.28250	2875.7	3158.2	7.3029	0.23455	2872.7	3154.2	7.2139	0.20029	2869.7	3150.1	7.1379	
400	0.30661	2957.9	3264.5	7.4670	0.25482	2955.5	3261.3	7.3793	0.21782	2953.1	3258.1	7.3046	
500	0.35411	3125.0	3479.1	7.7642	0.29464	3123.4	3477.0	7.6779	0.25216	3121.8	3474.8	7.6047	
600	0.40111	3297.5	3698.6	8.0311	0.33395	3296.3	3697.0	7.9456	0.28597	3295.1	3695.5	7.8730	
700	0.44783	3476.3	3924.1	8.2755	0.37297	3475.3	3922.9	8.1904	0.31951	3474.4	3921.7	8.1183	
800	0.49438	3661.7	4156.1	8.5024	0.41184	3661.0	4155.2	8.4176	0.35288	3660.3	4154.3	8.3458	
900	0.54083	3853.9	4394.8	8.7150	0.45059	3853.3	4394.0	8.6303	0.38614	3852.7	4393.3	8.5587	
1000	0.58721	4052.7	4640.0	8.9155	0.48928	4052.2	4639.4	8.8310	0.41933	4051.7	4638.8	8.7595	
1100	0.63354	4257.9	4891.4	9.1057	0.52792	4257.5	4891.0	9.0212	0.45247	4257.0	4890.5	8.9497	
1200	0.67983	4469.0	5148.9	9.2866	0.56652	4468.7	5148.5	9.2022	0.48558	4468.3	5148.1	9.1308	
1300	0.72610	4685.8	5411.9	9.4593	0.60509	4685.5	5411.6	9.3750	0.51866	4685.1	5411.3	9.3036	
<i>P</i> = 1.60 MPa (201.37 °C)				<i>P</i> = 1.80 MPa (207.11 °C)				<i>P</i> = 2.00 MPa (212.38 °C)					
Sat.	0.12374	2594.8	2792.8	6.4200	0.11037	2597.3	2795.9	6.3775	0.09959	2599.1	2798.3	6.3390	
225	0.13293	2645.1	2857.8	6.5537	0.11678	2637.0	2847.2	6.4825	0.10381	2628.5	2836.1	6.4160	
250	0.14190	2692.9	2919.9	6.6753	0.12502	2686.7	2911.7	6.6088	0.11150	2680.3	2903.3	6.5475	
300	0.15866	2781.6	3035.4	6.8864	0.14025	2777.4	3029.9	6.8246	0.12551	2773.2	3024.2	6.7684	
350	0.17459	2866.6	3146.0	7.0713	0.15460	2863.6	3141.9	7.0120	0.13860	2860.5	3137.7	6.9583	
400	0.19007	2950.8	3254.9	7.2394	0.16849	2948.3	3251.6	7.1814	0.15122	2945.9	3248.4	7.1292	
500	0.22029	3120.1	3472.6	7.5410	0.19551	3118.5	3470.4	7.4845	0.17568	3116.9	3468.7	7.4337	
600	0.24999	3293.9	3693.9	7.8101	0.22200	3292.7	3692.3	7.7543	0.19962	3291.5	3690.7	7.7043	
700	0.27941	3473.5	3920.5	8.0558	0.24822	3472.6	3919.4	8.0005	0.22326	3471.7	3918.2	7.9509	
800	0.30865	3659.5	4153.4	8.2834	0.27426	3658.8	4152.4	8.2284	0.24674	3658.0	4151.5	8.1791	
900	0.33780	3852.1	4392.6	8.4965	0.30020	3851.5	4391.9	8.4417	0.27012	3850.9	4391.1	8.3925	
1000	0.36687	4051.2	4638.2	8.6974	0.32606	4050.7	4637.6	8.6427	0.29342	4050.2	4637.1	8.5936	
1100	0.39589	4256.6	4890.0	8.8878	0.35188	4256.2	4889.6	8.8331	0.31667	4255.7	4889.1	8.7842	
1200	0.42488	4467.9	5147.7	9.0689	0.37766	4467.6	5147.3	9.0143	0.33989	4467.2	5147.0	8.9654	
1300	0.45383	4684.8	5410.9	9.2418	0.40341	4684.5	5410.6	9.1872	0.36308	4684.2	5410.3	9.1384	
<i>P</i> = 2.50 MPa (223.95 °C)				<i>P</i> = 3.00 MPa (233.85 °C)				<i>P</i> = 3.50 MPa (242.56 °C)					
Sat.	0.07995	2602.1	2801.9	6.2558	0.06667	2603.2	2803.2	6.1856	0.05706	2603.0	2802.7	6.1244	
225	0.08026	2604.8	2805.5	6.2629									
250	0.08705	2663.3	2880.9	6.4107	0.07063	2644.7	2856.5	6.2893	0.05876	2624.0	2829.7	6.1764	
300	0.09894	2762.2	3009.6	6.6459	0.08118	2750.8	2994.3	6.5412	0.06845	2738.8	2978.4	6.4484	
350	0.10979	2852.5	3127.0	6.8424	0.09056	2844.4	3116.1	6.7450	0.07680	2836.0	3104.9	6.6601	
400	0.12012	2939.8	3240.1	7.0170	0.09938	2933.6	3231.7	6.9235	0.08456	2927.2	3223.2	6.8428	
450	0.13015	3026.2	3351.6	7.1768	0.10789	3021.2	3344.9	7.0856	0.09198	3016.1	3338.1	7.0074	
500	0.13999	3112.8	3462.8	7.3254	0.11620	3108.6	3457.2	7.2359	0.09919	3104.5	3451.7	7.1593	
600	0.15931	3288.5	3686.8	7.5979	0.13245	3285.5	3682.8	7.5103	0.11325	3282.5	3678.9	7.4357	
700	0.17835	3469.3	3915.2	7.8455	0.14841	3467.0	3912.2	7.7590	0.12702	3464.7	3909.3	7.6855	
800	0.19722	3656.2	4149.2	8.0744	0.16420	3654.3	4146.9	7.9885	0.14061	3652.5	4144.6	7.9156	
900	0.21597	3849.4	4389.3	8.2882	0.17988	3847.9	4387.5	8.2028	0.15410	3846.4	4385.7	8.1304	
1000	0.23466	4049.0	4635.6	8.4897	0.19549	4047.7	4634.2	8.4045	0.16751	4046.4	4632.7	8.3324	
1100	0.25330	4254.7	4887.9	8.6804	0.21105	4253.6	4886.7	8.5955	0.18087	4252.5	4885.6	8.5236	
1200	0.27190	4466.3	5146.0	8.8618	0.22658	4465.3	5145.1	8.7771	0.19420	4464.4	5144.1	8.7053	
1300	0.29048	4683.4	5409.5	9.0349	0.24207	4682.6	5408.8	8.9502	0.20750	4681.8	5408.0	8.8786	

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 17.** Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 4 MPa – 12,5 MPa (Sistema internacional)

Vapor de agua sobrecalentado (continuación)													
T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	
P – 4.0 MPa (250.35 °C)				P – 4.5 MPa (257.44 °C)				P – 5.0 MPa (263.94 °C)					
Sat.	0.04978	2601.7	2800.8	6.0696	0.04406	2599.7	2798.0	6.0198	0.03945	2597.0	2794.2	5.9737	
275	0.05461	2668.9	2887.3	6.2312	0.04733	2651.4	2864.4	6.1429	0.04144	2632.3	2839.5	6.0571	
300	0.05887	2726.2	2961.7	6.3639	0.05138	2713.0	2944.2	6.2854	0.04535	2699.0	2925.7	6.2111	
350	0.06647	2827.4	3093.3	6.5843	0.05842	2818.6	3081.5	6.5153	0.05197	2809.5	3069.3	6.4516	
400	0.07343	2920.8	3214.5	6.7714	0.06477	2914.2	3205.7	6.7071	0.05784	2907.5	3196.7	6.6483	
450	0.08004	3011.0	3331.2	6.9386	0.07076	3005.8	3324.2	6.8770	0.06332	3000.6	3317.2	6.8210	
500	0.08644	3100.3	3446.0	7.0922	0.07652	3096.0	3440.4	7.0323	0.06858	3091.8	3434.7	6.9781	
600	0.09886	3279.4	3674.9	7.3706	0.08766	3276.4	3670.9	7.3127	0.07870	3273.3	3666.9	7.2605	
700	0.11098	3462.4	3906.3	7.6214	0.09850	3460.0	3903.3	7.5647	0.08852	3457.7	3900.3	7.5136	
800	0.12292	3650.6	4142.3	7.8523	0.10916	3648.8	4140.0	7.7962	0.09816	3646.9	4137.7	7.7458	
900	0.13476	3844.8	4383.9	8.0675	0.11972	3843.3	4382.1	8.0118	0.10769	3841.8	4380.2	7.9619	
1000	0.14653	4045.1	4631.2	8.2698	0.13020	4043.9	4629.8	8.2144	0.11715	4042.6	4628.3	8.1648	
1100	0.15824	4251.4	4884.4	8.4612	0.14064	4250.4	4883.2	8.4060	0.12655	4249.3	4882.1	8.3566	
1200	0.16992	4463.5	5143.2	8.6430	0.15103	4462.6	5142.2	8.5880	0.13592	4461.6	5141.3	8.5388	
1300	0.18157	4680.9	5407.2	8.8164	0.16140	4680.1	5406.5	8.7616	0.14527	4679.3	5405.7	8.7124	
P – 6.0 MPa (275.59 °C)				P – 7.0 MPa (285.83 °C)				P – 8.0 MPa (295.01 °C)					
Sat.	0.03245	2589.9	2784.6	5.8902	0.027378	2581.0	2772.6	5.8148	0.023525	2570.5	2758.7	5.7450	
300	0.03619	2668.4	2885.6	6.0703	0.029492	2633.5	2839.9	5.9337	0.024279	2592.3	2786.5	5.7937	
350	0.04225	2790.4	3043.9	6.3357	0.035262	2770.1	3016.9	6.2305	0.029975	2748.3	2988.1	6.1321	
400	0.04742	2893.7	3178.3	6.5432	0.039958	2879.5	3159.2	6.4502	0.034344	2864.6	3139.4	6.3658	
450	0.05217	2989.9	3302.9	6.7219	0.044187	2979.0	3288.3	6.6353	0.038194	2967.8	3273.3	6.5579	
500	0.05667	3083.1	3423.1	6.8826	0.048157	3074.3	3411.4	6.8000	0.041767	3065.4	3399.5	6.7266	
550	0.06102	3175.2	3541.3	7.0308	0.051966	3167.9	3531.6	6.9507	0.045172	3160.5	3521.8	6.8800	
600	0.06527	3267.2	3658.8	7.1693	0.055665	3261.0	3650.6	7.0910	0.048463	3254.7	3642.4	7.0221	
700	0.07355	3453.0	3894.3	7.4247	0.062850	3448.3	3888.3	7.3487	0.054829	3443.6	3882.2	7.2822	
800	0.08165	3643.2	4133.1	7.6582	0.069856	3639.5	4128.5	7.5836	0.061011	3635.7	4123.8	7.5185	
900	0.08964	3838.8	4376.6	7.8751	0.076750	3835.7	4373.0	7.8014	0.067082	3832.7	4369.3	7.7372	
1000	0.09756	4040.1	4625.4	8.0786	0.083571	4037.5	4622.5	8.0055	0.073079	4035.0	4619.6	7.9419	
1100	0.10543	4247.1	4879.7	8.2709	0.090341	4245.0	4877.4	8.1982	0.079025	4242.8	4875.0	8.1350	
1200	0.11326	4459.8	5139.4	8.4534	0.097075	4457.9	5137.4	8.3810	0.084934	4456.1	5135.5	8.3181	
1300	0.12107	4677.7	5404.1	8.6273	0.103781	4676.1	5402.6	8.5551	0.090817	4674.5	5401.0	8.4925	
P – 9.0 MPa (303.35 °C)				P – 10.0 MPa (311.00 °C)				P – 12.5 MPa (327.81 °C)					
Sat.	0.020489	2558.5	2742.9	5.6791	0.018028	2545.2	2725.5	5.6159	0.013496	2505.6	2674.3	5.4638	
325	0.023284	2647.6	2857.1	5.8738	0.019877	2611.6	2810.3	5.7596	0.016138	2624.9	2826.6	5.7130	
350	0.025816	2725.0	2957.3	6.0380	0.022440	2699.6	2924.0	5.9460	0.020030	2789.6	3040.0	6.0433	
400	0.029960	2849.2	3118.8	6.2876	0.026436	2833.1	3097.5	6.2141	0.023019	2913.7	3201.5	6.2749	
450	0.033524	2956.3	3258.0	6.4872	0.029782	2944.5	3242.4	6.4219	0.025630	3023.2	3343.6	6.4651	
500	0.036793	3056.3	3387.4	6.6603	0.032811	3047.0	3375.1	6.5995	0.028033	3126.1	3476.5	6.6317	
550	0.039885	3153.0	3512.0	6.8164	0.035655	3145.4	3502.0	6.7585	0.030306	3225.8	3604.6	6.7828	
600	0.042861	3248.4	3634.1	6.9605	0.038378	3242.0	3625.8	6.9045	0.032491	3324.1	3730.2	6.9227	
650	0.045755	3343.4	3755.2	7.0954	0.041018	3338.0	3748.1	7.0408	0.034612	3422.0	3854.6	7.0540	
700	0.048589	3438.8	3876.1	7.2229	0.043597	3434.0	3870.0	7.1693	0.038724	3618.8	4102.8	7.2967	
800	0.054132	3632.0	4119.2	7.4606	0.048629	3628.2	4114.5	7.4085	0.042720	3818.9	4352.9	7.5195	
900	0.059562	3829.6	4365.7	7.6802	0.053547	3826.5	4362.0	7.6290	0.046641	4023.5	4606.5	7.7269	
1000	0.064919	4032.4	4616.7	7.8855	0.058391	4029.9	4613.8	7.8349	0.050510	4233.1	4864.5	7.9220	
1100	0.070224	4240.7	4872.7	8.0791	0.063183	4238.5	4870.3	8.0289	0.054342	4447.7	5127.0	8.1065	
1200	0.075492	4454.2	5133.6	8.2625	0.067938	4452.4	5131.7	8.2126	0.058147	4667.3	5394.1	8.2819	
1300	0.080733	4672.9	5399.5	8.4371	0.072667	4671.3	5398.0	8.3874					

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 18.** Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 15 MPa – 60 MPa (Sistema internacional)

Vapor de agua sobrecalentado (conclusión)												
T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
P = 15.0 MPa (342.16 °C)				P = 17.5 MPa (354.67 °C)				P = 20.0 MPa (365.75 °C)				
Sat.	0.010341	2455.7	2610.8	5.3108	0.007932	2390.7	2529.5	5.1435	0.005862	2294.8	2412.1	4.9310
350	0.011481	2520.9	2693.1	5.4438								
400	0.015671	2740.6	2975.7	5.8819	0.012463	2684.3	2902.4	5.7211	0.009950	2617.9	2816.9	5.5526
450	0.018477	2880.8	3157.9	6.1434	0.015204	2845.4	3111.4	6.0212	0.012721	2807.3	3061.7	5.9043
500	0.020828	2998.4	3310.8	6.3480	0.017385	2972.4	3276.7	6.2424	0.014793	2945.3	3241.2	6.1446
550	0.022945	3106.2	3450.4	6.5230	0.019305	3085.8	3423.6	6.4266	0.016571	3064.7	3396.2	6.3390
600	0.024921	3209.3	3583.1	6.6796	0.021073	3192.5	3561.3	6.5890	0.018185	3175.3	3539.0	6.5075
650	0.026804	3310.1	3712.1	6.8233	0.022742	3295.8	3693.8	6.7366	0.019695	3281.4	3675.3	6.6593
700	0.028621	3409.8	3839.1	6.9573	0.024342	3397.5	3823.5	6.8735	0.021134	3385.1	3807.8	6.7991
800	0.032121	3609.3	4091.1	7.2037	0.027405	3599.7	4079.3	7.1237	0.023870	3590.1	4067.5	7.0531
900	0.035503	3811.2	4343.7	7.4288	0.030348	3803.5	4334.6	7.3511	0.026484	3795.7	4325.4	7.2829
1000	0.038808	4017.1	4599.2	7.6378	0.033215	4010.7	4592.0	7.5616	0.029020	4004.3	4584.7	7.4950
1100	0.042062	4227.7	4858.6	7.8339	0.036029	4222.3	4852.8	7.7588	0.031504	4216.9	4847.0	7.6933
1200	0.045279	4443.1	5122.3	8.0192	0.038806	4438.5	5117.6	7.9449	0.033952	4433.8	5112.9	7.8802
1300	0.048469	4663.3	5390.3	8.1952	0.041556	4659.2	5386.5	8.1215	0.036371	4655.2	5382.7	8.0574
P = 25.0 MPa				P = 30.0 MPa				P = 35.0 MPa				
375	0.001978	1799.9	1849.4	4.0345	0.001792	1738.1	1791.9	3.9313	0.001701	1702.8	1762.4	3.8724
400	0.006005	2428.5	2578.7	5.1400	0.002798	2068.9	2152.8	4.4758	0.002105	1914.9	1988.6	4.2144
425	0.007886	2607.8	2805.0	5.4708	0.005299	2452.9	2611.8	5.1473	0.003434	2253.3	2373.5	4.7751
450	0.009176	2721.2	2950.6	5.6759	0.006737	2618.9	2821.0	5.4422	0.004957	2497.5	2671.0	5.1946
500	0.011143	2887.3	3165.9	5.9643	0.008691	2824.0	3084.8	5.7956	0.006933	2755.3	2997.9	5.6331
550	0.012736	3020.8	3339.2	6.1816	0.010175	2974.5	3279.7	6.0403	0.008348	2925.8	3218.0	5.9093
600	0.014140	3140.0	3493.5	6.3637	0.011445	3103.4	3446.8	6.2373	0.009523	3065.6	3399.0	6.1229
650	0.015430	3251.9	3637.7	6.5243	0.012590	3221.7	3599.4	6.4074	0.010565	3190.9	3560.7	6.3030
700	0.016643	3359.9	3776.0	6.6702	0.013654	3334.3	3743.9	6.5599	0.011523	3308.3	3711.6	6.4623
800	0.018922	3570.7	4043.8	6.9322	0.015628	3551.2	4020.0	6.8301	0.013278	3531.6	3996.3	6.7409
900	0.021075	3780.2	4307.1	7.1668	0.017473	3764.6	4288.8	7.0695	0.014904	3749.0	4270.6	6.9853
1000	0.023150	3991.5	4570.2	7.3821	0.019240	3978.6	4555.8	7.2880	0.016450	3965.8	4541.5	7.2069
1100	0.025172	4206.1	4835.4	7.5825	0.020954	4195.2	4823.9	7.4906	0.017942	4184.4	4812.4	7.4118
1200	0.027157	4424.6	5103.5	7.7710	0.022630	4415.3	5094.2	7.6807	0.019398	4406.1	5085.0	7.6034
1300	0.029115	4647.2	5375.1	7.9494	0.024279	4639.2	5367.6	7.8602	0.020827	4631.2	5360.2	7.7841
P = 40.0 MPa				P = 50.0 MPa				P = 60.0 MPa				
375	0.001641	1677.0	1742.6	3.8290	0.001560	1638.6	1716.6	3.7642	0.001503	1609.7	1699.9	3.7149
400	0.001911	1855.0	1931.4	4.1145	0.001731	1787.8	1874.4	4.0029	0.001633	1745.2	1843.2	3.9317
425	0.002538	2097.5	2199.0	4.5044	0.002009	1960.3	2060.7	4.2746	0.001816	1892.9	2001.8	4.1630
450	0.003692	2364.2	2511.8	4.9449	0.002487	2160.3	2284.7	4.5896	0.002086	2055.1	2180.2	4.4140
500	0.005623	2681.6	2906.5	5.4744	0.003890	2528.1	2722.6	5.1762	0.002952	2393.2	2570.3	4.9356
550	0.006985	2875.1	3154.4	5.7857	0.005118	2769.5	3025.4	5.5563	0.003955	2664.6	2901.9	5.3517
600	0.008089	3026.8	3350.4	6.0170	0.006108	2947.1	3252.6	5.8245	0.004833	2866.8	3156.8	5.6527
650	0.009053	3159.5	3521.6	6.2078	0.006957	3095.6	3443.5	6.0373	0.005591	3031.3	3366.8	5.8867
700	0.009930	3282.0	3679.2	6.3740	0.007717	3228.7	3614.6	6.2179	0.006265	3175.4	3551.3	6.0814
800	0.011521	3511.8	3972.6	6.6613	0.009073	3472.2	3925.8	6.5225	0.007456	3432.6	3880.0	6.4033
900	0.012980	3733.3	4252.5	6.9107	0.010296	3702.0	4216.8	6.7819	0.008519	3670.9	4182.1	6.6725
1000	0.014360	3952.9	4527.3	7.1355	0.011441	3927.4	4499.4	7.0131	0.009504	3902.0	4472.2	6.9099
1100	0.015686	4173.7	4801.1	7.3425	0.012534	4152.2	4778.9	7.2244	0.010439	4130.9	4757.3	7.1255
1200	0.016976	4396.9	5075.9	7.5357	0.013590	4378.6	5058.1	7.4207	0.011339	4360.5	5040.8	7.3248
1300	0.018239	4623.3	5352.8	7.7175	0.014620	4607.5	5338.5	7.6048	0.012213	4591.8	5324.5	7.5111

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 19.** Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 1 psi – 100 psi (Sistema ingles)

Vapor de agua sobrecalentado															
T	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s	v		
°F	ft <sup>3</sup> /lbm	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm · R	ft <sup>3</sup> /lbm	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm · R	ft <sup>3</sup> /lbm	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm · R	ft <sup>3</sup> /lbm		
				<b>P = 1.0 psia (101.69°F)*</b>				<b>P = 5.0 psia (162.18°F)</b>				<b>P = 10 psia (193.16°F)</b>			
Sat. <sup>1</sup>	333.49	1043.7	1105.4	1.9776	73.525	1062.7	1130.7	1.8438	38.425	1072.0	1143.1	1.7875			
200	392.53	1077.5	1150.1	2.0509	78.153	1076.2	1148.5	1.8716	38.849	1074.5	1146.4	1.7926			
240	416.44	1091.2	1168.3	2.0777	83.009	1090.3	1167.1	1.8989	41.326	1089.1	1165.5	1.8207			
280	440.33	1105.0	1186.5	2.1030	87.838	1104.3	1185.6	1.9246	43.774	1103.4	1184.4	1.8469			
320	464.20	1118.9	1204.8	2.1271	92.650	1118.4	1204.1	1.9490	46.205	1117.6	1203.1	1.8716			
360	488.07	1132.9	1223.3	2.1502	97.452	1132.5	1222.6	1.9722	48.624	1131.9	1221.8	1.8950			
400	511.92	1147.1	1241.8	2.1722	102.25	1146.7	1241.3	1.9944	51.035	1146.2	1240.6	1.9174			
440	535.77	1161.3	1260.4	2.1934	107.03	1160.9	1260.0	2.0156	53.441	1160.5	1259.4	1.9388			
500	571.54	1182.8	1288.6	2.2237	114.21	1182.6	1288.2	2.0461	57.041	1182.2	1287.8	1.9693			
600	631.14	1219.4	1336.2	2.2709	126.15	1219.2	1335.9	2.0933	63.029	1219.0	1335.6	2.0167			
700	690.73	1256.8	1384.6	2.3146	138.09	1256.7	1384.4	2.1371	69.007	1256.5	1384.2	2.0605			
800	750.31	1295.1	1433.9	2.3553	150.02	1294.9	1433.7	2.1778	74.980	1294.8	1433.5	2.1013			
1000	869.47	1374.2	1535.1	2.4299	173.86	1374.2	1535.0	2.2524	86.913	1374.1	1534.9	2.1760			
1200	988.62	1457.1	1640.0	2.4972	197.70	1457.0	1640.0	2.3198	98.840	1457.0	1639.9	2.2433			
1400	1107.8	1543.7	1748.7	2.5590	221.54	1543.7	1748.7	2.3816	110.762	1543.6	1748.6	2.3052			
				<b>P = 15 psia (212.99°F)</b>				<b>P = 20 psia (227.92°F)</b>				<b>P = 40 psia (267.22°F)</b>			
Sat.	26.297	1077.7	1150.7	1.7549	20.093	1081.8	1156.2	1.7319	10.501	1092.1	1169.8	1.6766			
240	27.429	1087.8	1163.9	1.7742	20.478	1086.5	1162.3	1.7406							
280	29.085	1102.4	1183.2	1.8010	21.739	1101.4	1181.9	1.7679	10.713	1097.3	1176.6	1.6858			
320	30.722	1116.9	1202.2	1.8260	22.980	1116.1	1201.2	1.7933	11.363	1112.9	1197.1	1.7128			
360	32.348	1131.3	1221.1	1.8496	24.209	1130.7	1220.2	1.8171	11.999	1128.1	1216.9	1.7376			
400	33.965	1145.7	1239.9	1.8721	25.429	1145.1	1239.3	1.8398	12.625	1143.1	1236.5	1.7610			
440	35.576	1160.1	1258.8	1.8936	26.644	1159.7	1258.3	1.8614	13.244	1157.9	1256.0	1.7831			
500	37.986	1181.9	1287.3	1.9243	28.458	1181.6	1286.9	1.8922	14.165	1180.2	1285.0	1.8143			
600	41.988	1218.7	1335.3	1.9718	31.467	1218.5	1334.9	1.9398	15.686	1217.5	1333.6	1.8625			
700	45.981	1256.3	1383.9	2.0156	34.467	1256.1	1383.7	1.9837	17.197	1255.3	1382.6	1.9067			
800	49.967	1294.6	1433.3	2.0565	37.461	1294.5	1433.1	2.0247	18.702	1293.9	1432.3	1.9478			
1000	57.930	1374.0	1534.8	2.1312	43.438	1373.8	1534.6	2.0994	21.700	1373.4	1534.1	2.0227			
1200	65.885	1456.9	1639.8	2.1986	49.407	1456.8	1639.7	2.1668	24.691	1456.5	1639.3	2.0902			
1400	73.836	1543.6	1748.5	2.2604	55.373	1543.5	1748.4	2.2287	27.678	1543.3	1748.1	2.1522			
1600	81.784	1634.0	1861.0	2.3178	61.335	1633.9	1860.9	2.2861	30.662	1633.7	1860.7	2.2096			
				<b>P = 60 psia (292.69°F)</b>				<b>P = 80 psia (312.02°F)</b>				<b>P = 100 psia (327.81°F)</b>			
Sat.	7.1766	1098.1	1177.8	1.6442	5.4733	1102.3	1183.4	1.6212	4.4327	1105.5	1187.5	1.6032			
320	7.4863	1109.6	1192.7	1.6636	5.5440	1105.9	1187.9	1.6271							
360	7.9259	1125.5	1213.5	1.6897	5.8876	1122.7	1209.9	1.6545	4.6628	1119.8	1206.1	1.6263			
400	8.3548	1140.9	1233.7	1.7138	6.2187	1138.7	1230.8	1.6794	4.9359	1136.4	1227.8	1.6521			
440	8.7766	1156.1	1253.6	1.7364	6.5420	1154.3	1251.2	1.7026	5.2006	1152.4	1248.7	1.6759			
500	9.4005	1178.8	1283.1	1.7682	7.0177	1177.3	1281.2	1.7350	5.5876	1175.9	1279.3	1.7088			
600	10.4256	1216.5	1332.2	1.8168	7.7951	1215.4	1330.8	1.7841	6.2167	1214.4	1329.4	1.7586			
700	11.4401	1254.5	1381.6	1.8613	8.5616	1253.8	1380.5	1.8289	6.8344	1253.0	1379.5	1.8037			
800	12.4484	1293.3	1431.5	1.9026	9.3218	1292.6	1430.6	1.8704	7.4457	1292.0	1429.8	1.8453			
1000	14.4543	1373.0	1533.5	1.9777	10.8313	1372.6	1532.9	1.9457	8.6575	1372.2	1532.4	1.9208			
1200	16.4525	1456.2	1638.9	2.0454	12.3331	1455.9	1638.5	2.0135	9.8615	1455.6	1638.1	1.9887			
1400	18.4464	1543.0	1747.8	2.1073	13.8306	1542.8	1747.5	2.0755	11.0612	1542.6	1747.2	2.0508			
1600	20.438	1633.5	1860.5	2.1648	15.3257	1633.3	1860.2	2.1330	12.2584	1633.2	1860.0	2.1083			
1800	22.428	1727.6	1976.6	2.2187	16.8192	1727.5	1976.5	2.1869	13.4541	1727.3	1976.3	2.1622			
2000	24.417	1825.2	2096.3	2.2694	18.3117	1825.0	2096.1	2.2376	14.6487	1824.9	2096.0	2.2130			

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 20.** Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 120 psi – 300 psi (Sistema ingles)

Vapor de agua sobrecalentado (continuación)												
T	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s
°F	ft <sup>3</sup> /lbm	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm · R	ft <sup>3</sup> /lbm	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm · R	ft <sup>3</sup> /lbm	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm · R
P = 120 psia (341.25°F)				P = 140 psia (353.03°F)				P = 160 psia (363.54°F)				
Sat.	3.7289	1107.9	1190.8	1.5883	3.2202	1109.9	1193.4	1.5757	2.8347	1111.6	1195.5	1.5647
360	3.8446	1116.7	1202.1	1.6023	3.2584	1113.4	1197.8	1.5811				
400	4.0799	1134.0	1224.6	1.6292	3.4676	1131.5	1221.4	1.6092	3.0076	1129.0	1218.0	1.5914
450	4.3613	1154.5	1251.4	1.6594	3.7147	1152.6	1248.9	1.6403	3.2293	1150.7	1246.3	1.6234
500	4.6340	1174.4	1277.3	1.6872	3.9525	1172.9	1275.3	1.6686	3.4412	1171.4	1273.2	1.6522
550	4.9010	1193.9	1302.8	1.7131	4.1845	1192.7	1301.1	1.6948	3.6469	1191.4	1299.4	1.6788
600	5.1642	1213.4	1328.0	1.7375	4.4124	1212.3	1326.6	1.7195	3.8484	1211.3	1325.2	1.7037
700	5.6829	1252.2	1378.4	1.7829	4.8604	1251.4	1377.3	1.7652	4.2434	1250.6	1376.3	1.7498
800	6.1950	1291.4	1429.0	1.8247	5.3017	1290.8	1428.1	1.8072	4.6316	1290.2	1427.3	1.7920
1000	7.2083	1371.7	1531.8	1.9005	6.1732	1371.3	1531.3	1.8832	5.3968	1370.9	1530.7	1.8682
1200	8.2137	1455.3	1637.7	1.9684	7.0367	1455.0	1637.3	1.9512	6.1540	1454.7	1636.9	1.9363
1400	9.2149	1542.3	1746.9	2.0305	7.8961	1542.1	1746.6	2.0134	6.9070	1541.8	1746.3	1.9986
1600	10.2135	1633.0	1859.8	2.0881	8.7529	1632.8	1859.5	2.0711	7.6574	1632.6	1859.3	2.0563
1800	11.2106	1727.2	1976.1	2.1420	9.6082	1727.0	1975.9	2.1250	8.4063	1726.9	1975.7	2.1102
2000	12.2067	1824.8	2095.8	2.1928	10.4624	1824.6	2095.7	2.1758	9.1542	1824.5	2095.5	2.1610
P = 180 psia (373.07°F)				P = 200 psia (381.80°F)				P = 225 psia (391.80°F)				
Sat.	2.5322	1113.0	1197.3	1.5548	2.2882	1114.1	1198.8	1.5460	2.0423	1115.3	1200.3	1.5360
400	2.6490	1126.3	1214.5	1.5752	2.3615	1123.5	1210.9	1.5602	2.0728	1119.7	1206.0	1.5427
450	2.8514	1148.7	1243.7	1.6082	2.5488	1146.7	1241.0	1.5943	2.2457	1144.1	1237.6	1.5783
500	3.0433	1169.8	1271.2	1.6376	2.7247	1168.2	1269.0	1.6243	2.4059	1166.2	1266.3	1.6091
550	3.2286	1190.2	1297.7	1.6646	2.8939	1188.9	1296.0	1.6516	2.5590	1187.2	1293.8	1.6370
600	3.4097	1210.2	1323.8	1.6897	3.0586	1209.1	1322.3	1.6771	2.7075	1207.7	1320.5	1.6628
700	3.7635	1249.8	1375.2	1.7361	3.3796	1249.0	1374.1	1.7238	2.9956	1248.0	1372.7	1.7099
800	4.1104	1289.5	1426.5	1.7785	3.6934	1288.9	1425.6	1.7664	3.2765	1288.1	1424.5	1.7528
900	4.4531	1329.7	1478.0	1.8179	4.0031	1329.2	1477.3	1.8059	3.5530	1328.5	1476.5	1.7925
1000	4.7929	1370.5	1530.1	1.8549	4.3099	1370.1	1529.6	1.8430	3.8268	1369.5	1528.9	1.8296
1200	5.4674	1454.3	1636.5	1.9231	4.9182	1454.0	1636.1	1.9113	4.3689	1453.6	1635.6	1.8981
1400	6.1377	1541.6	1746.0	1.9855	5.5222	1541.4	1745.7	1.9737	4.9068	1541.1	1745.4	1.9606
1600	6.8054	1632.4	1859.1	2.0432	6.1238	1632.2	1858.8	2.0315	5.4422	1632.0	1858.6	2.0184
1800	7.4716	1726.7	1975.6	2.0971	6.7238	1726.5	1975.4	2.0855	5.9760	1726.4	1975.2	2.0724
2000	8.1367	1824.4	2095.4	2.1479	7.3227	1824.3	2095.3	2.1363	6.5087	1824.1	2095.1	2.1232
P = 250 psia (400.97°F)				P = 275 psia (409.45°F)				P = 300 psia (417.35°F)				
Sat.	1.8440	1116.3	1201.6	1.5270	1.6806	1117.0	1202.6	1.5187	1.5435	1117.7	1203.3	1.5111
450	2.0027	1141.3	1234.0	1.5636	1.8034	1138.5	1230.3	1.5499	1.6369	1135.6	1226.4	1.5369
500	2.1506	1164.1	1263.6	1.5953	1.9415	1162.0	1260.8	1.5825	1.7670	1159.8	1257.9	1.5706
550	2.2910	1185.6	1291.5	1.6237	2.0715	1183.9	1289.3	1.6115	1.8885	1182.1	1287.0	1.6001
600	2.4264	1206.3	1318.6	1.6499	2.1964	1204.9	1316.7	1.6380	2.0046	1203.5	1314.8	1.6270
650	2.5586	1226.8	1345.1	1.6743	2.3179	1225.6	1343.5	1.6627	2.1172	1224.4	1341.9	1.6520
700	2.6883	1247.0	1371.4	1.6974	2.4369	1246.0	1370.0	1.6860	2.2273	1244.9	1368.6	1.6755
800	2.9429	1287.3	1423.5	1.7406	2.6699	1286.5	1422.4	1.7294	2.4424	1285.7	1421.3	1.7192
900	3.1930	1327.9	1475.6	1.7804	2.8984	1327.3	1474.8	1.7694	2.6529	1326.6	1473.9	1.7593
1000	3.4403	1369.0	1528.2	1.8177	3.1241	1368.5	1527.4	1.8068	2.8605	1367.9	1526.7	1.7968
1200	3.9295	1453.3	1635.0	1.8863	3.5700	1452.9	1634.5	1.8755	3.2704	1452.5	1634.0	1.8657
1400	4.4144	1540.8	1745.0	1.9488	4.0116	1540.5	1744.6	1.9381	3.6759	1540.2	1744.2	1.9284
1600	4.8969	1631.7	1858.3	2.0066	4.4507	1631.5	1858.0	1.9960	4.0789	1631.3	1857.7	1.9863
1800	5.3777	1726.2	1974.9	2.0607	4.8882	1726.0	1974.7	2.0501	4.4803	1725.8	1974.5	2.0404
2000	5.8575	1823.9	2094.9	2.1116	5.3247	1823.8	2094.7	2.1010	4.8807	1823.6	2094.6	2.0913

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 21.** Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 350 psi – 1250 psi (Sistema ingles)

Vapor de agua sobrecalentado (continuación)												
T	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s
°F	ft <sup>3</sup> /lbm	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm · R	ft <sup>3</sup> /lbm	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm · R	ft <sup>3</sup> /lbm	Btu/lbm	Btu/lbm	Btu/lbm · R
P = 350 psia (431.74°F)				P = 400 psia (444.62°F)				P = 450 psia (456.31°F)				
Sat.	1.3263	1118.5	1204.4	1.4973	1.1617	1119.0	1205.0	1.4852	1.0324	1119.2	1205.2	1.4742
450	1.3739	1129.3	1218.3	1.5128	1.1747	1122.5	1209.4	1.4901				
500	1.4921	1155.2	1251.9	1.5487	1.2851	1150.4	1245.6	1.5288	1.1233	1145.4	1238.9	1.5103
550	1.6004	1178.6	1282.2	1.5795	1.3840	1174.9	1277.3	1.5610	1.2152	1171.1	1272.3	1.5441
600	1.7030	1200.6	1310.9	1.6073	1.4765	1197.6	1306.9	1.5897	1.3001	1194.6	1302.8	1.5737
650	1.8018	1221.9	1338.6	1.6328	1.5650	1219.4	1335.3	1.6158	1.3807	1216.9	1331.9	1.6005
700	1.8979	1242.8	1365.8	1.6567	1.6507	1240.7	1362.9	1.6401	1.4584	1238.5	1360.0	1.6253
800	2.0848	1284.1	1419.1	1.7009	1.8166	1282.5	1417.0	1.6849	1.6080	1280.8	1414.7	1.6706
900	2.2671	1325.3	1472.2	1.7414	1.9777	1324.0	1470.4	1.7257	1.7526	1322.7	1468.6	1.7117
1000	2.4464	1366.9	1525.3	1.7791	2.1358	1365.8	1523.9	1.7636	1.8942	1364.7	1522.4	1.7499
1200	2.7996	1451.7	1633.0	1.8483	2.4465	1450.9	1632.0	1.8331	2.1718	1450.1	1631.0	1.8196
1400	3.1484	1539.6	1743.5	1.9111	2.7527	1539.0	1742.7	1.8960	2.4450	1538.4	1742.0	1.8827
1600	3.4947	1630.8	1857.1	1.9691	3.0565	1630.3	1856.5	1.9541	2.7157	1629.8	1856.0	1.9409
1800	3.8394	1725.4	1974.0	2.0233	3.3586	1725.0	1973.6	2.0084	2.9847	1724.6	1973.2	1.9952
2000	4.1830	1823.3	2094.2	2.0742	3.6597	1823.0	2093.9	2.0594	3.2527	1822.6	2093.5	2.0462
P = 500 psia (467.04°F)				P = 600 psia (486.24°F)				P = 700 psia (503.13°F)				
Sat.	0.92815	1119.1	1205.0	1.4642	0.77020	1118.3	1203.9	1.4463	0.65589	1116.9	1201.9	1.4305
500	0.99304	1140.1	1231.9	1.4928	0.79526	1128.2	1216.5	1.4596				
550	1.07974	1167.1	1267.0	1.5284	0.87542	1158.7	1255.9	1.4996	0.72799	1149.5	1243.8	1.4730
600	1.15876	1191.4	1298.6	1.5590	0.94605	1184.9	1289.9	1.5325	0.79332	1177.9	1280.7	1.5087
650	1.23312	1214.3	1328.4	1.5865	1.01133	1209.0	1321.3	1.5614	0.85242	1203.4	1313.8	1.5393
700	1.30440	1236.4	1357.0	1.6117	1.07316	1231.9	1351.0	1.5877	0.90769	1227.2	1344.8	1.5666
800	1.44097	1279.2	1412.5	1.6576	1.19038	1275.8	1408.0	1.6348	1.01125	1272.4	1403.4	1.6150
900	1.57252	1321.4	1466.9	1.6992	1.30230	1318.7	1463.3	1.6771	1.10921	1316.0	1459.7	1.6581
1000	1.70094	1363.6	1521.0	1.7376	1.41097	1361.4	1518.1	1.7160	1.20381	1359.2	1515.2	1.6974
1100	1.82726	1406.2	1575.3	1.7735	1.51749	1404.4	1572.9	1.7522	1.29621	1402.5	1570.4	1.7341
1200	1.95211	1449.4	1630.0	1.8075	1.62252	1447.8	1627.9	1.7865	1.38709	1446.2	1625.9	1.7685
1400	2.1988	1537.8	1741.2	1.8708	1.82957	1536.6	1739.7	1.8501	1.56580	1535.4	1738.2	1.8324
1600	2.4430	1629.4	1855.4	1.9291	2.0340	1628.4	1854.2	1.9085	1.74192	1627.5	1853.1	1.8911
1800	2.6856	1724.2	1972.7	1.9834	2.2369	1723.4	1971.8	1.9630	1.91643	1722.7	1970.9	1.9457
2000	2.9271	1822.3	2093.1	2.0345	2.4387	1821.7	2092.4	2.0141	2.08987	1821.0	2091.7	1.9969
P = 800 psia (518.27°F)				P = 1000 psia (544.65°F)				P = 1250 psia (572.45°F)				
Sat.	0.56920	1115.0	1199.3	1.4162	0.44604	1110.1	1192.6	1.3906	0.34549	1102.0	1181.9	1.3623
550	0.61586	1139.4	1230.5	1.4476	0.45375	1115.2	1199.2	1.3972				
600	0.67799	1170.5	1270.9	1.4866	0.51431	1154.1	1249.3	1.4457	0.37894	1129.5	1217.2	1.3961
650	0.73279	1197.6	1306.0	1.5191	0.56411	1185.1	1289.5	1.4827	0.42703	1167.5	1266.3	1.4414
700	0.78330	1222.4	1338.4	1.5476	0.60844	1212.4	1325.0	1.5140	0.46735	1198.7	1306.8	1.4771
750	0.83102	1246.0	1369.1	1.5735	0.64944	1237.6	1357.8	1.5418	0.50344	1226.4	1342.9	1.5076
800	0.87678	1268.9	1398.7	1.5975	0.68821	1261.7	1389.0	1.5670	0.53687	1252.2	1376.4	1.5347
900	0.96434	1313.3	1456.0	1.6413	0.76136	1307.7	1448.6	1.6126	0.59876	1300.5	1439.0	1.5826
1000	1.04841	1357.0	1512.2	1.6812	0.83078	1352.5	1506.2	1.6535	0.65656	1346.7	1498.6	1.6249
1100	1.13024	1400.7	1568.0	1.7181	0.89783	1396.9	1563.1	1.6911	0.71184	1392.2	1556.8	1.6635
1200	1.21051	1444.6	1623.8	1.7528	0.96327	1441.4	1619.7	1.7263	0.76545	1437.4	1614.5	1.6993
1400	1.36797	1534.2	1736.7	1.8170	1.09101	1531.8	1733.7	1.7911	0.86944	1528.7	1729.8	1.7649
1600	1.52283	1626.5	1851.9	1.8759	1.21610	1624.6	1849.6	1.8504	0.97072	1622.2	1846.7	1.8246
1800	1.67606	1721.9	1970.0	1.9306	1.33956	1720.3	1968.2	1.9053	1.07036	1718.4	1966.0	1.8799
2000	1.82823	1820.4	2091.0	1.9819	1.46194	1819.1	2089.6	1.9568	1.16892	1817.5	2087.9	1.9315

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 22.** Vapor de agua sobrecalentado tabla de presiones 1500 psi – 6000 psi (Sistema ingles)

Vapor de agua sobrecalentado (conclusión)												
T °F	v ft <sup>3</sup> /lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/ lbm · R	v ft <sup>3</sup> /lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/ lbm · R	v ft <sup>3</sup> /lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/ lbm · R
P = 1500 psia (596.26°F)				P = 1750 psia (617.17°F)				P = 2000 psia (635.85°F)				
Sat.	0.27695	1092.1	1169.0	1.3362	0.22681	1080.5	1153.9	1.3112	0.18815	1066.8	1136.4	1.2863
600	0.28189	1097.2	1175.4	1.3423								
650	0.33310	1147.2	1239.7	1.4016	0.26292	1122.8	1207.9	1.3607	0.20586	1091.4	1167.6	1.3146
700	0.37198	1183.6	1286.9	1.4433	0.30252	1166.8	1264.7	1.4108	0.24894	1147.6	1239.8	1.3783
750	0.40535	1214.4	1326.9	1.4771	0.33455	1201.5	1309.8	1.4489	0.28074	1187.4	1291.3	1.4218
800	0.43550	1242.2	1363.1	1.5064	0.36266	1231.7	1349.1	1.4807	0.30763	1220.5	1334.3	1.4567
850	0.46356	1268.2	1396.9	1.5328	0.38835	1259.3	1385.1	1.5088	0.33169	1250.0	1372.8	1.4867
900	0.49015	1293.1	1429.2	1.5569	0.41238	1285.4	1419.0	1.5341	0.35390	1277.5	1408.5	1.5134
1000	0.54031	1340.9	1490.8	1.6007	0.45719	1334.9	1482.9	1.5796	0.39479	1328.7	1474.9	1.5606
1100	0.58781	1387.3	1550.5	1.6402	0.49917	1382.4	1544.1	1.6201	0.43266	1377.5	1537.6	1.6021
1200	0.63355	1433.3	1609.2	1.6767	0.53932	1429.2	1603.9	1.6572	0.46864	1425.1	1598.5	1.6400
1400	0.72172	1525.7	1726.0	1.7432	0.61621	1522.6	1722.1	1.7245	0.53708	1519.5	1718.3	1.7081
1600	0.80714	1619.8	1843.8	1.8033	0.69031	1617.4	1840.9	1.7852	0.60269	1615.0	1838.0	1.7693
1800	0.89090	1716.4	1963.7	1.8589	0.76273	1714.5	1961.5	1.8410	0.66660	1712.5	1959.2	1.8255
2000	0.97358	1815.9	2086.1	1.9108	0.83406	1814.2	2084.3	1.8931	0.72942	1812.6	2082.6	1.8778
P = 2500 psia (668.17°F)				P = 3000 psia (695.41°F)				P = 3500 psia				
Sat.	0.13076	1031.2	1091.7	1.2330	0.08460	969.8	1016.8	1.1587				
650									0.02492	663.7	679.9	0.8632
700	0.16849	1098.4	1176.3	1.3072	0.09838	1005.3	1059.9	1.1960	0.03065	760.0	779.9	0.9511
750	0.20327	1154.9	1249.0	1.3686	0.14840	1114.1	1196.5	1.3118	0.10460	1057.6	1125.4	1.2434
800	0.22949	1195.9	1302.0	1.4116	0.17601	1167.5	1265.3	1.3676	0.13639	1134.3	1222.6	1.3224
850	0.25174	1230.1	1346.6	1.4463	0.19771	1208.2	1317.9	1.4086	0.15847	1183.8	1286.5	1.3721
900	0.27165	1260.7	1386.4	1.4761	0.21640	1242.8	1362.9	1.4423	0.17659	1223.4	1337.8	1.4106
950	0.29001	1289.1	1423.3	1.5028	0.23321	1273.9	1403.3	1.4716	0.19245	1257.8	1382.4	1.4428
1000	0.30726	1316.1	1458.2	1.5271	0.24876	1302.8	1440.9	1.4978	0.20687	1289.0	1423.0	1.4711
1100	0.33949	1367.3	1524.4	1.5710	0.27732	1356.8	1510.8	1.5441	0.23289	1346.1	1496.9	1.5201
1200	0.36966	1416.6	1587.6	1.6103	0.30367	1408.0	1576.6	1.5850	0.25654	1399.3	1565.4	1.5627
1400	0.42631	1513.3	1710.5	1.6802	0.35249	1507.0	1702.7	1.6567	0.29978	1500.7	1694.8	1.6364
1600	0.48004	1610.1	1832.2	1.7424	0.39830	1605.3	1826.4	1.7199	0.33994	1600.4	1820.5	1.7006
1800	0.53205	1708.6	1954.8	1.7991	0.44237	1704.7	1950.3	1.7773	0.37833	1700.8	1945.8	1.7586
2000	0.58295	1809.4	2079.1	1.8518	0.48532	1806.1	2075.6	1.8304	0.41561	1802.9	2072.1	1.8121
P = 4000 psia				P = 5000 psia				P = 6000 psia				
650	0.02448	657.9	676.1	0.8577	0.02379	648.3	670.3	0.8485	0.02325	640.3	666.1	0.8408
700	0.02871	742.3	763.6	0.9347	0.02678	721.8	746.6	0.9156	0.02564	708.1	736.5	0.9028
750	0.06370	962.1	1009.2	1.1410	0.03373	821.8	853.0	1.0054	0.02981	788.7	821.8	0.9747
800	0.10520	1094.2	1172.1	1.2734	0.05937	986.9	1041.8	1.1581	0.03949	897.1	941.0	1.0711
850	0.12848	1156.7	1251.8	1.3355	0.08551	1092.4	1171.5	1.2593	0.05815	1018.6	1083.1	1.1819
900	0.14647	1202.5	1310.9	1.3799	0.10390	1155.9	1252.1	1.3198	0.07584	1103.5	1187.7	1.2603
950	0.16176	1240.7	1360.5	1.4157	0.11863	1203.9	1313.6	1.3643	0.09010	1163.7	1263.7	1.3153
1000	0.17538	1274.6	1404.4	1.4463	0.13128	1244.0	1365.5	1.4004	0.10208	1211.4	1324.7	1.3578
1100	0.19957	1335.1	1482.8	1.4983	0.15298	1312.2	1453.8	1.4590	0.12211	1288.4	1424.0	1.4237
1200	0.22121	1390.3	1554.1	1.5426	0.17185	1372.1	1531.1	1.5070	0.13911	1353.4	1507.8	1.4758
1300	0.24128	1443.0	1621.6	1.5821	0.18902	1427.8	1602.7	1.5490	0.15434	1412.5	1583.8	1.5203
1400	0.26028	1494.3	1687.0	1.6182	0.20508	1481.4	1671.1	1.5868	0.16841	1468.4	1655.4	1.5598
1600	0.29620	1595.5	1814.7	1.6835	0.23505	1585.6	1803.1	1.6542	0.19438	1575.7	1791.5	1.6294
1800	0.33033	1696.8	1941.4	1.7422	0.26320	1689.0	1932.5	1.7142	0.21853	1681.1	1923.7	1.6907
2000	0.36335	1799.7	2068.6	1.7961	0.29023	1793.2	2061.7	1.7689	0.24155	1786.7	2054.9	1.7463

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 23.** Propiedades de gas ideal del aire tabla de temperaturas 200°K – 1240°K  
(Sistema internacional)

Propiedades de gas ideal del aire											
<i>T</i> K	<i>h</i> kJ/kg	<i>P<sub>r</sub></i>	<i>u</i> kJ/kg	<i>v<sub>r</sub></i>	<i>s<sup>o</sup></i> kJ/kg · K	<i>T</i> K	<i>h</i> kJ/kg	<i>P<sub>r</sub></i>	<i>u</i> kJ/kg	<i>v<sub>r</sub></i>	<i>s<sup>o</sup></i> kJ/kg · K
200	199.97	0.3363	142.56	1707.0	1.29559	580	586.04	14.38	419.55	115.7	2.37348
210	209.97	0.3987	149.69	1512.0	1.34444	590	596.52	15.31	427.15	110.6	2.39140
220	219.97	0.4690	156.82	1346.0	1.39105	600	607.02	16.28	434.78	105.8	2.40902
230	230.02	0.5477	164.00	1205.0	1.43557	610	617.53	17.30	442.42	101.2	2.42644
240	240.02	0.6355	171.13	1084.0	1.47824	620	628.07	18.36	450.09	96.92	2.44356
250	250.05	0.7329	178.28	979.0	1.51917	630	638.63	19.84	457.78	92.84	2.46048
260	260.09	0.8405	185.45	887.8	1.55848	640	649.22	20.64	465.50	88.99	2.47716
270	270.11	0.9590	192.60	808.0	1.59634	650	659.84	21.86	473.25	85.34	2.49364
280	280.13	1.0889	199.75	738.0	1.63279	660	670.47	23.13	481.01	81.89	2.50985
285	285.14	1.1584	203.33	706.1	1.65055	670	681.14	24.46	488.81	78.61	2.52589
290	290.16	1.2311	206.91	676.1	1.66802	680	691.82	25.85	496.62	75.50	2.54175
295	295.17	1.3068	210.49	647.9	1.68515	690	702.52	27.29	504.45	72.56	2.55731
298	298.18	1.3543	212.64	631.9	1.69528	700	713.27	28.80	512.33	69.76	2.57277
300	300.19	1.3860	214.07	621.2	1.70203	710	724.04	30.38	520.23	67.07	2.58810
305	305.22	1.4686	217.67	596.0	1.71865	720	734.82	32.02	528.14	64.53	2.60319
310	310.24	1.5546	221.25	572.3	1.73498	730	745.62	33.72	536.07	62.13	2.61803
315	315.27	1.6442	224.85	549.8	1.75106	740	756.44	35.50	544.02	59.82	2.63280
320	320.29	1.7375	228.42	528.6	1.76690	750	767.29	37.35	551.99	57.63	2.64737
325	325.31	1.8345	232.02	508.4	1.78249	760	778.18	39.27	560.01	55.54	2.66176
330	330.34	1.9352	235.61	489.4	1.79783	780	800.03	43.35	576.12	51.64	2.69013
340	340.42	2.149	242.82	454.1	1.82790	800	821.95	47.75	592.30	48.08	2.71787
350	350.49	2.379	250.02	422.2	1.85708	820	843.98	52.59	608.59	44.84	2.74504
360	360.58	2.626	257.24	393.4	1.88543	840	866.08	57.60	624.95	41.85	2.77170
370	370.67	2.892	264.46	367.2	1.91313	860	888.27	63.09	641.40	39.12	2.79783
380	380.77	3.176	271.69	343.4	1.94001	880	910.56	68.98	657.95	36.61	2.82344
390	390.88	3.481	278.93	321.5	1.96633	900	932.93	75.29	674.58	34.31	2.84856
400	400.98	3.806	286.16	301.6	1.99194	920	955.38	82.05	691.28	32.18	2.87324
410	411.12	4.153	293.43	283.3	2.01699	940	977.92	89.28	708.08	30.22	2.89748
420	421.26	4.522	300.69	266.6	2.04142	960	1000.55	97.00	725.02	28.40	2.92128
430	431.43	4.915	307.99	251.1	2.06533	980	1023.25	105.2	741.98	26.73	2.94468
440	441.61	5.332	315.30	236.8	2.08870	1000	1046.04	114.0	758.94	25.17	2.96770
450	451.80	5.775	322.62	223.6	2.11161	1020	1068.89	123.4	776.10	23.72	2.99034
460	462.02	6.245	329.97	211.4	2.13407	1040	1091.85	133.3	793.36	23.29	3.01260
470	472.24	6.742	337.32	200.1	2.15604	1060	1114.86	143.9	810.62	21.14	3.03449
480	482.49	7.268	344.70	189.5	2.17760	1080	1137.89	155.2	827.88	19.98	3.05608
490	492.74	7.824	352.08	179.7	2.19876	1100	1161.07	167.1	845.33	18.896	3.07732
500	503.02	8.411	359.49	170.6	2.21952	1120	1184.28	179.7	862.79	17.886	3.09825
510	513.32	9.031	366.92	162.1	2.23993	1140	1207.57	193.1	880.35	16.946	3.11883
520	523.63	9.684	374.36	154.1	2.25997	1160	1230.92	207.2	897.91	16.064	3.13916
530	533.98	10.37	381.84	146.7	2.27967	1180	1254.34	222.2	915.57	15.241	3.15916
540	544.35	11.10	389.34	139.7	2.29906	1200	1277.79	238.0	933.33	14.470	3.17888
550	555.74	11.86	396.86	133.1	2.31809	1220	1301.31	254.7	951.09	13.747	3.19834
560	565.17	12.66	404.42	127.0	2.33685	1240	1324.93	272.3	968.95	13.069	3.21751
570	575.59	13.50	411.97	121.2	2.35531						

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 24.** Propiedades de gas ideal del aire tabla de temperaturas 1260°K – 2250°K (Sistema internacional)

Propiedades de gas ideal del aire (conclusión)											
<i>T</i> K	<i>h</i> kJ/kg	<i>P<sub>r</sub></i>	<i>u</i> kJ/kg	<i>v<sub>r</sub></i>	<i>s<sup>o</sup></i> kJ/kg · K	<i>T</i> K	<i>h</i> kJ/kg	<i>P<sub>r</sub></i>	<i>u</i> kJ/kg	<i>v<sub>r</sub></i>	<i>s<sup>o</sup></i> kJ/kg · K
1260	1348.55	290.8	986.90	12.435	3.23638	1600	1757.57	791.2	1298.30	5.804	3.52364
1280	1372.24	310.4	1004.76	11.835	3.25510	1620	1782.00	834.1	1316.96	5.574	3.53879
1300	1395.97	330.9	1022.82	11.275	3.27345	1640	1806.46	878.9	1335.72	5.355	3.55381
1320	1419.76	352.5	1040.88	10.747	3.29160	1660	1830.96	925.6	1354.48	5.147	3.56867
1340	1443.60	375.3	1058.94	10.247	3.30959	1680	1855.50	974.2	1373.24	4.949	3.58335
1360	1467.49	399.1	1077.10	9.780	3.32724	1700	1880.1	1025	1392.7	4.761	3.5979
1380	1491.44	424.2	1095.26	9.337	3.34474	1750	1941.6	1161	1439.8	4.328	3.6336
1400	1515.42	450.5	1113.52	8.919	3.36200	1800	2003.3	1310	1487.2	3.994	3.6684
1420	1539.44	478.0	1131.77	8.526	3.37901	1850	2065.3	1475	1534.9	3.601	3.7023
1440	1563.51	506.9	1150.13	8.153	3.39586	1900	2127.4	1655	1582.6	3.295	3.7354
1460	1587.63	537.1	1168.49	7.801	3.41247	1950	2189.7	1852	1630.6	3.022	3.7677
1480	1611.79	568.8	1186.95	7.468	3.42892	2000	2252.1	2068	1678.7	2.776	3.7994
1500	1635.97	601.9	1205.41	7.152	3.44516	2050	2314.6	2303	1726.8	2.555	3.8303
1520	1660.23	636.5	1223.87	6.854	3.46120	2100	2377.7	2559	1775.3	2.356	3.8605
1540	1684.51	672.8	1242.43	6.569	3.47712	2150	2440.3	2837	1823.8	2.175	3.8901
1560	1708.82	710.5	1260.99	6.301	3.49276	2200	2503.2	3138	1872.4	2.012	3.9191
1580	1733.17	750.0	1279.65	6.046	3.50829	2250	2566.4	3464	1921.3	1.864	3.9474

**Fuente:** Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 25.** Propiedades de gas ideal del aire tabla de temperaturas 360°R – 3950°R (Sistema ingles)

Propiedades de gas ideal del aire											
T	h	$P_r$	u	$v_r$	$s^o$	T	h	$P_r$	u	$v_r$	$s^o$
R	Btu/lbm		Btu/lbm		Btu/lbm · R	R	Btu/lbm		Btu/lbm		Btu/lbm · R
360	85.97	0.3363	61.29	396.6	0.50369	1600	395.74	71.13	286.06	8.263	0.87130
380	90.75	0.4061	64.70	346.6	0.51663	1650	409.13	80.89	296.03	7.556	0.87954
400	95.53	0.4858	68.11	305.0	0.52890	1700	422.59	90.95	306.06	6.924	0.88758
420	100.32	0.5760	71.52	270.1	0.54058	1750	436.12	101.98	316.16	6.357	0.89542
440	105.11	0.6776	74.93	240.6	0.55172	1800	449.71	114.0	326.32	5.847	0.90308
460	109.90	0.7913	78.36	215.33	0.56235	1850	463.37	127.2	336.55	5.388	0.91056
480	114.69	0.9182	81.77	193.65	0.57255	1900	477.09	141.5	346.85	4.974	0.91788
500	119.48	1.0590	85.20	174.90	0.58233	1950	490.88	157.1	357.20	4.598	0.92504
520	124.27	1.2147	88.62	158.58	0.59173	2000	504.71	174.0	367.61	4.258	0.93205
537	128.10	1.3593	91.53	146.34	0.59945	2050	518.71	192.3	378.08	3.949	0.93891
540	129.06	1.3860	92.04	144.32	0.60078	2100	532.55	212.1	388.60	3.667	0.94564
560	133.86	1.5742	95.47	131.78	0.60950	2150	546.54	223.5	399.17	3.410	0.95222
580	138.66	1.7800	98.90	120.70	0.61793	2200	560.59	256.6	409.78	3.176	0.95919
600	143.47	2.005	102.34	110.88	0.62607	2250	574.69	281.4	420.46	2.961	0.96501
620	148.28	2.249	105.78	102.12	0.63395	2300	588.82	308.1	431.16	2.765	0.97123
640	153.09	2.514	109.21	94.30	0.64159	2350	603.00	336.8	441.91	2.585	0.97732
660	157.92	2.801	112.67	87.27	0.64902	2400	617.22	367.6	452.70	2.419	0.98331
680	162.73	3.111	116.12	80.96	0.65621	2450	631.48	400.5	463.54	2.266	0.98919
700	167.56	3.446	119.58	75.25	0.66321	2500	645.78	435.7	474.40	2.125	0.99497
720	172.39	3.806	123.04	70.07	0.67002	2550	660.12	473.3	485.31	1.996	1.00064
740	177.23	4.193	126.51	65.38	0.67665	2600	674.49	513.5	496.26	1.876	1.00623
760	182.08	4.607	129.99	61.10	0.68312	2650	688.90	556.3	507.25	1.765	1.01172
780	186.94	5.051	133.47	57.20	0.68942	2700	703.35	601.9	518.26	1.662	1.01712
800	191.81	5.526	136.97	53.63	0.69558	2750	717.83	650.4	529.31	1.566	1.02244
820	196.69	6.033	140.47	50.35	0.70160	2800	732.33	702.0	540.40	1.478	1.02767
840	201.56	6.573	143.98	47.34	0.70747	2850	746.88	756.7	551.52	1.395	1.03282
860	206.46	7.149	147.50	44.57	0.71323	2900	761.45	814.8	562.66	1.318	1.03788
880	211.35	7.761	151.02	42.01	0.71886	2950	776.05	876.4	573.84	1.247	1.04288
900	216.26	8.411	154.57	39.64	0.72438	3000	790.68	941.4	585.04	1.180	1.04779
920	221.18	9.102	158.12	37.44	0.72979	3050	805.34	1011	596.28	1.118	1.05264
940	226.11	9.834	161.68	35.41	0.73509	3100	820.03	1083	607.53	1.060	1.05741
960	231.06	10.61	165.26	33.52	0.74030	3150	834.75	1161	618.82	1.006	1.06212
980	236.02	11.43	168.83	31.76	0.74540	3200	849.48	1242	630.12	0.955	1.06676
1000	240.98	12.30	172.43	30.12	0.75042	3250	864.24	1328	641.46	0.907	1.07134
1040	250.95	14.18	179.66	27.17	0.76019	3300	879.02	1418	652.81	0.8621	1.07585
1080	260.97	16.28	186.93	24.58	0.76964	3350	893.83	1513	664.20	0.8202	1.08031
1120	271.03	18.60	194.25	22.30	0.77880	3400	908.66	1613	675.60	0.7807	1.08470
1160	281.14	21.18	201.63	20.29	0.78767	3450	923.52	1719	687.04	0.7436	1.08904
1200	291.30	24.01	209.05	18.51	0.79628	3500	938.40	1829	698.48	0.7087	1.09332
1240	301.52	27.13	216.53	16.93	0.80466	3550	953.30	1946	709.95	0.6759	1.09755
1280	311.79	30.55	224.05	15.52	0.81280	3600	968.21	2068	721.44	0.6449	1.10172
1320	322.11	34.31	231.63	14.25	0.82075	3650	983.15	2196	732.95	0.6157	1.10584
1360	332.48	38.41	239.25	13.12	0.82848	3700	998.11	2330	744.48	0.5882	1.10991
1400	342.90	42.88	246.93	12.10	0.83604	3750	1013.1	2471	756.04	0.5621	1.11393
1440	353.37	47.75	254.66	11.17	0.84341	3800	1028.1	2618	767.60	0.5376	1.11791
1480	363.89	53.04	262.44	10.34	0.85062	3850	1043.1	2773	779.19	0.5143	1.12183
1520	374.47	58.78	270.26	9.578	0.85767	3900	1058.1	2934	790.80	0.4923	1.12571
1560	385.08	65.00	278.13	8.890	0.86456	3950	1073.2	3103	802.43	0.4715	1.12955

Fuente: Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Tabla 26.** Propiedades de gas ideal del aire tabla de temperaturas 4000°R – 5300°R (Sistema ingles)

Propiedades de gas ideal del aire (conclusión)											
T R	h Btu/lbm	P <sub>r</sub>	u Btu/lbm	v <sub>r</sub>	s <sup>o</sup> Btu/lbm · R	T R	h Btu/lbm	P <sub>r</sub>	u Btu/lbm	v <sub>r</sub>	s <sup>o</sup> Btu/lbm · R
4000	1088.3	3280	814.06	0.4518	1.13334	4600	1270.4	6089	955.04	0.2799	1.17575
4050	1103.4	3464	825.72	0.4331	1.13709	4700	1300.9	6701	978.73	0.2598	1.18232
4100	1118.5	3656	837.40	0.4154	1.14079	4800	1331.5	7362	1002.5	0.2415	1.18876
4150	1133.6	3858	849.09	0.3985	1.14446	4900	1362.2	8073	1026.3	0.2248	1.19508
4200	1148.7	4067	860.81	0.3826	1.14809	5000	1392.9	8837	1050.1	0.2096	1.20129
4300	1179.0	4513	884.28	0.3529	1.15522	5100	1423.6	9658	1074.0	0.1956	1.20738
4400	1209.4	4997	907.81	0.3262	1.16221	5200	1454.4	10,539	1098.0	0.1828	1.21336
4500	1239.9	5521	931.39	0.3019	1.16905	5300	1485.3	11,481	1122.0	0.1710	1.21923

**Fuente:** Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

Se describen las tablas termodinámicas con el objeto de dar a conocer la extensión y las propiedades del agua saturada, el vapor de agua sobrecalentado y el gas ideal de aire, tablas en las cuales se pueden encontrar datos como: volumen específico, entalpía, entropía y energía interna de acuerdo a las temperaturas y presiones las cuales varían de acuerdo de cómo se encuentre el fluido de trabajo. Datos que ayudan a resolver muchos de los procesos termodinámicos.

### Elaboración de base de datos para las tablas termodinamicas.

De tal manera de poder ejecutar las tablas termodinámicas dentro de la interfaz de Matlab, se optó por realizar regresiones lineales para así poder obtener los resultados requeridos.

**Paso 1.** Se transcriben las tablas termodinámicas que se encuentran basadas en el libro de Termodinamica octava edición del autor Yunus A. Cengel al programa EES donde se solucionan ecuaciones, lo que permite el desarrollo de conjuntos de datos algebraicos y demás sistemas de valores simultaneos (lineales o no) de forma numérica.

**Paso 2.** Definir las variables independientes (temperatura o presión), dependientes (temperatura, presión, entalpía, volumen específico, energía interna y entropía) y codependientes (entalpía, volumen específico, energía interna y entropía) según sea el caso para la tabulación y análisis de las curvas en las gráficas respectivas.

**Paso 3.** Se realiza una regresión lineal (Ver Figura 21) con las variables independientes, dependientes y codependientes con el fin de representar el comportamiento de las curvas de variables en una ecuación.

**Paso 4.** Se realizan pruebas para la verificación de los resultados sean los deseados, analizando las curvas de los parámetros a examinar, resultados de las ecuaciones en diferentes ordenes (regresión lineal), con el objeto de minimizar el porcentaje de error de los valores obtenidos.

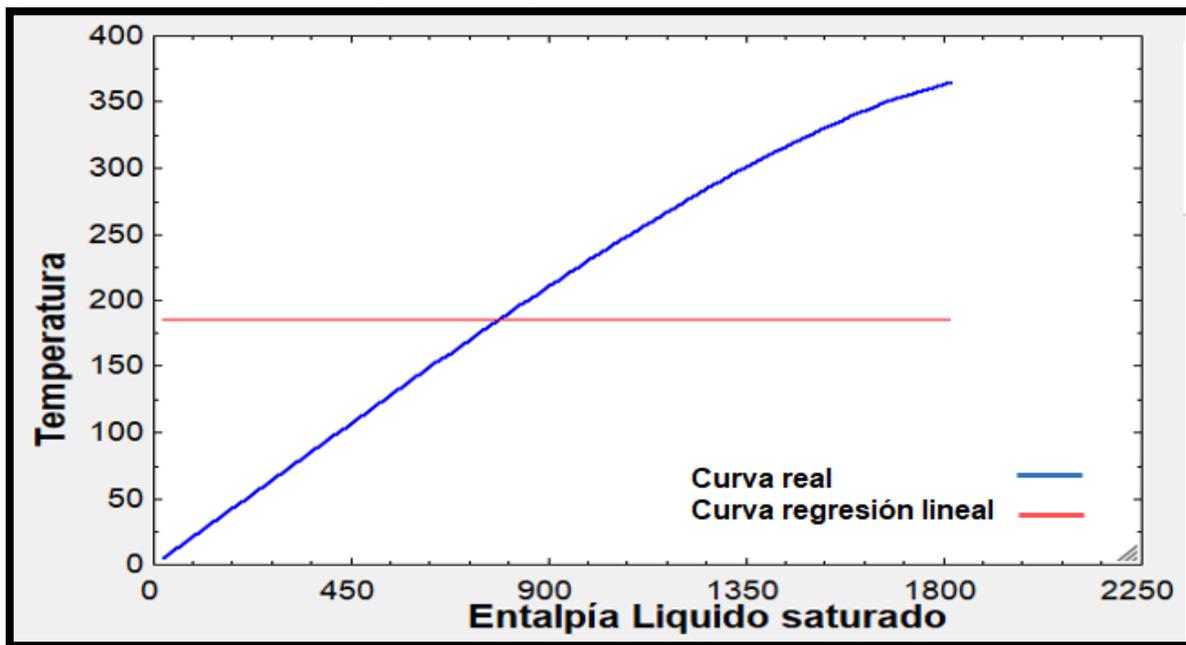
**Paso 5.** Después de llegar a la conclusión de cual ecuación utilizar para la obtención de datos del software ejecutado en Matlab, se ingresa la ecuación en una determinada librería dentro del software clasificándola según sea la sustancia, sistema de unidades o estado, la cual cuenta con unos comandos y programación pertinente para que se ejecute al momento de que se le sea solicitado.

A continuación, se desarrolla un ejemplo gráfico del comportamiento de las propiedades de agua saturada, entre los parámetros temperatura y entalpía en líquido saturado. Respecto de la aproximación por medio de una regresión lineal con sus diferentes órdenes polinómicas y la búsqueda de obtener el menor error posible al momento de implementar la ecuación en el software y así lograr determinar el valor deseado con el mayor grado de exactitud posible.

### Regresión lineal de polinomio orden 0

De acuerdo con la figura 1, se puede observar la ecuación polinómica de orden cero de agua saturada en el Parametro Entalpía Líquido saturado=8.38669474E+02. Y la tabla 27 muestra el promedio del error al implementar la ecuación.

**Figura 1.** Regresión lineal orden 0



Fuente: Autor

**Tabla 27.** Promedio de error

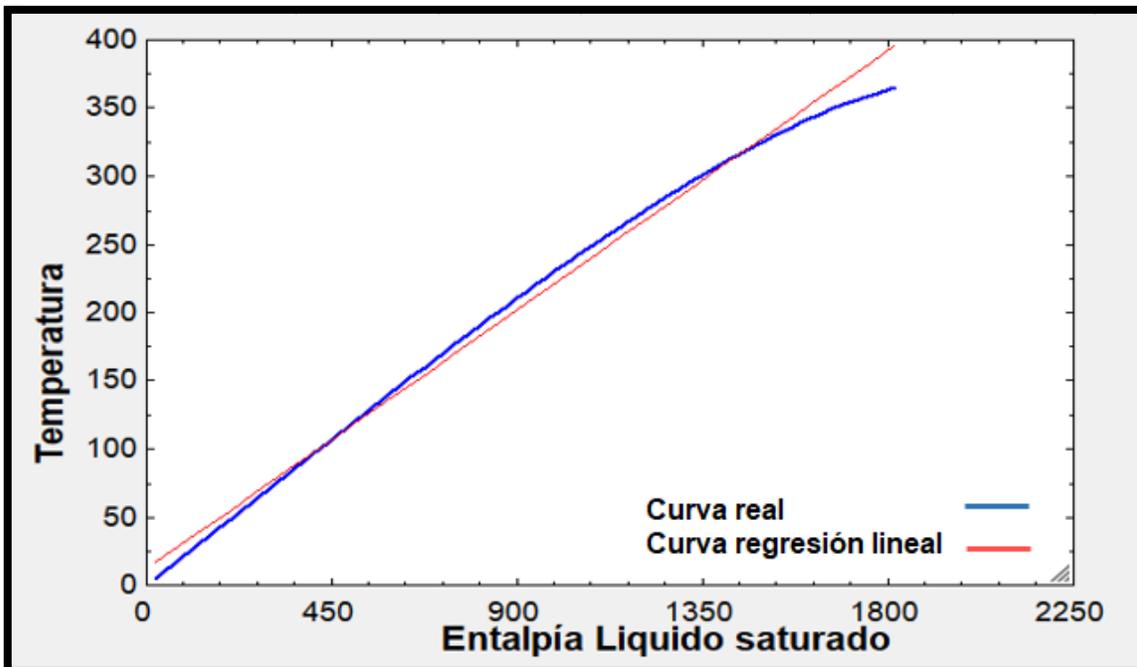
Temperatura	Valor Aproximado	Valor real	Error (%)	Error promedio (%)
50°C	838.7	207.1	304.97	92.274
100°C	838.7	419.2	100.07	
150°C	838.7	634.5	32.182	
200°C	838.7	852.3	1.5956	
250°C	838.7	1083	22.557	

Fuente: Autor

### Regresión lineal de polinomio de 1er orden

Por consiguiente, en la siguiente figura 2 se puede observar la ecuación polinómica de 1er orden del parametro Entalpía Líquido saturado =  $6.26127807E + 01 + 4.80718953E + 00 \cdot \text{Temperatura}$ . Y en la tabla 28 se presenta el promedio error.

**Figura 2.** Regresión lineal 1er orden



Fuente: Autor

**Tabla 28.** Promedio error 1er orden

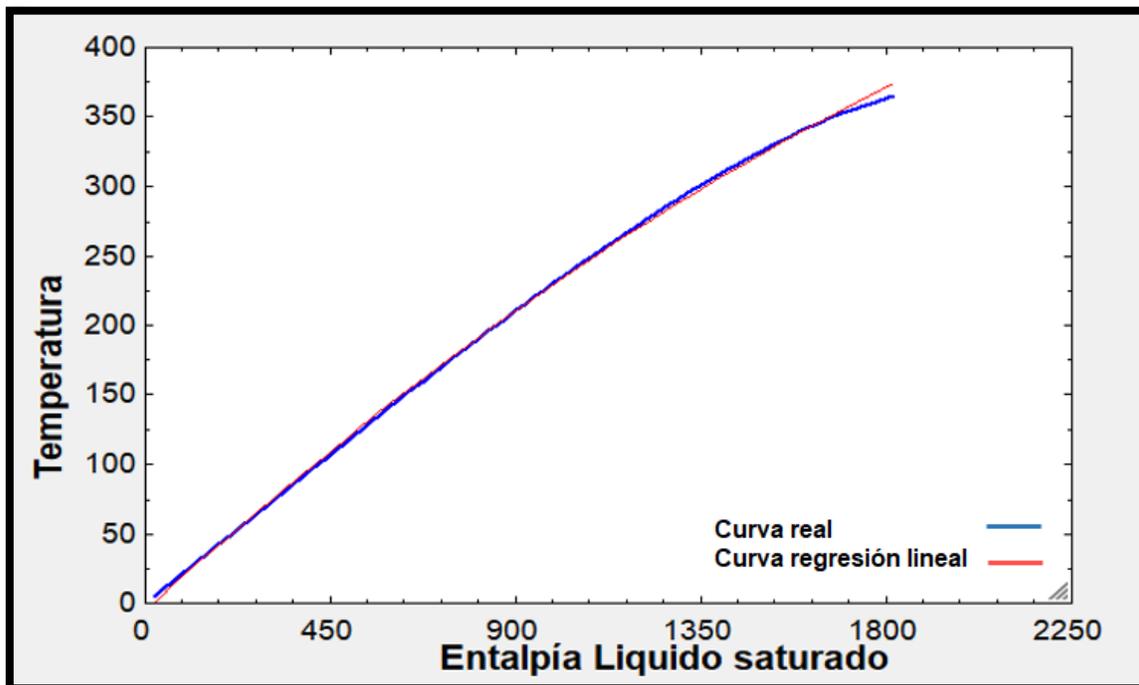
Temperatura	Valor Aproximado	Valor real	Error (%)	Error promedio (%)
50°C	177.7	207.1	14.196	4.6932
100°C	418.1	419.2	0.2624	
150°C	658.5	634.5	3.7825	
200°C	898.8	852.3	0.0545	
250°C	1139	1083	5.1708	

Fuente: Autor

### Regresión lineal de polinomio de 2do orden

Conforme a la figura 3, se expone la ecuación polinómica de 2do orden del parametro Entalpía Liquido saturado=  $4.15548938E + 01 + 3.11739362E + 00 * Temperatura + 4.50739230E-03*Temperatura^2$ , asi mismo la tabla 29 muestra el error promedio.

**Figura 3.** Regresión lineal 2do orden



Fuente: Autor

**Tabla 29.** Error promedio 2do orden

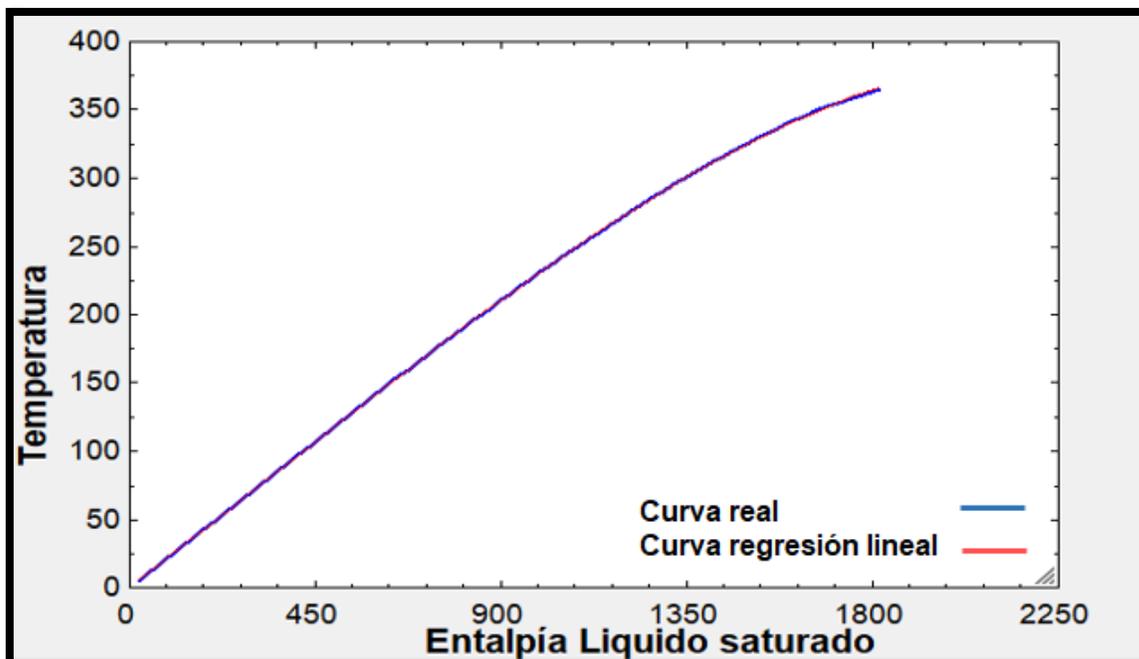
Temperatura	Valor Aproximado	Valor real	Error (%)	Error promedio (%)
50°C	208.7	207.1	0.7725	2.4338
100°C	398.4	419.2	4.9618	
150°C	610.6	634.5	3.7667	
200°C	845.3	852.3	0.8213	
250°C	1103	1083	1.8467	

Fuente: Autor

### Regresión lineal de polinomio de 3er orden

Teniendo en cuenta la figura 4 se observa la ecuación polinómica de 3er orden del parámetro Entalpía Líquido saturado =  $-2.98471135E+01 + 5.40708960E+00 \cdot \text{Temperatura} - 1.07088304E-02 \cdot \text{Temperatura}^2 + 2.69277487E-05 \cdot \text{Temperatura}^3$ . En la tabla 30 se presenta el error promedio de la ecuación.

**Figura 4.** Regresión lineal 3er orden



Fuente: Autor

**Tabla 30.** Error promedio 3er orden

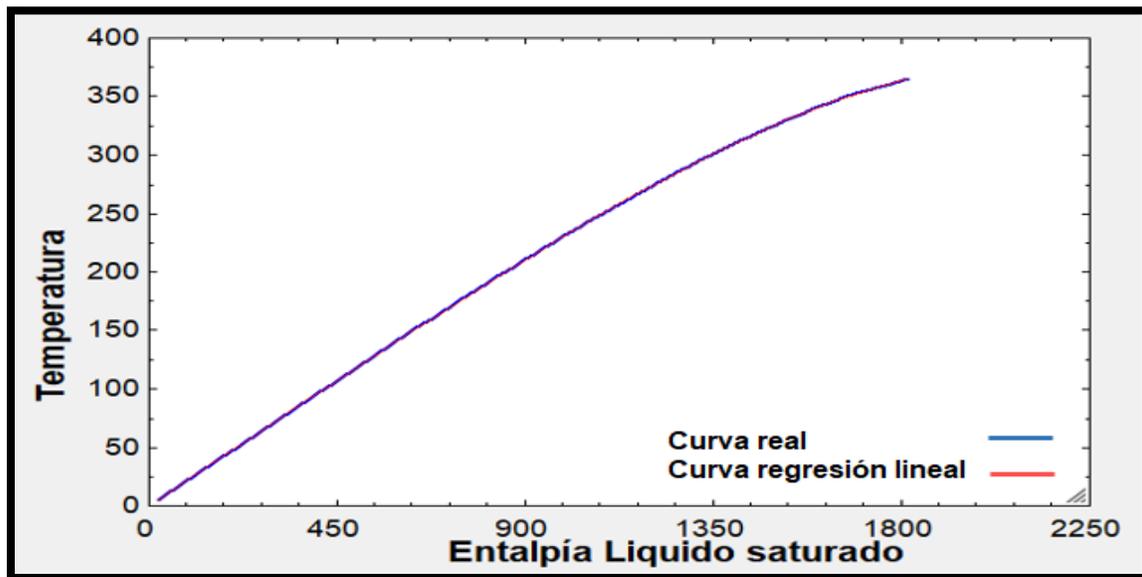
Temperatura	Valor Aproximado	Valor real	Error (%)	Error promedio (%)
50°C	212.2	207.1	2.4625	0.9266
100°C	423.2	419.2	0.9541	
150°C	630.8	634.5	0.5831	
200°C	846.9	852.3	0.6335	
250°C	1083	1083	0	

Fuente: Autor

### Regresión lineal de polinomio de 4to orden

En la figura 5 se observa la ecuación polinómica de 4to orden del parámetro Entalpía Líquido saturado =  $8.51841111E + 00 + 3.65237765E + 00 \cdot \text{Temperatura} + 7.86908249E - 03 \cdot \text{Temperatura}^2 - 4.08407151E - 05 \cdot \text{Temperatura}^3 + 7.84186757E - 8 \cdot \text{Temperatura}^4$ . Y en la tabla 31 se presenta el error promedio de la ecuación.

**Figura 5.** Regresión lineal 4to orden



Fuente: Autor

**Tabla 31.** Error promedio 4to orden

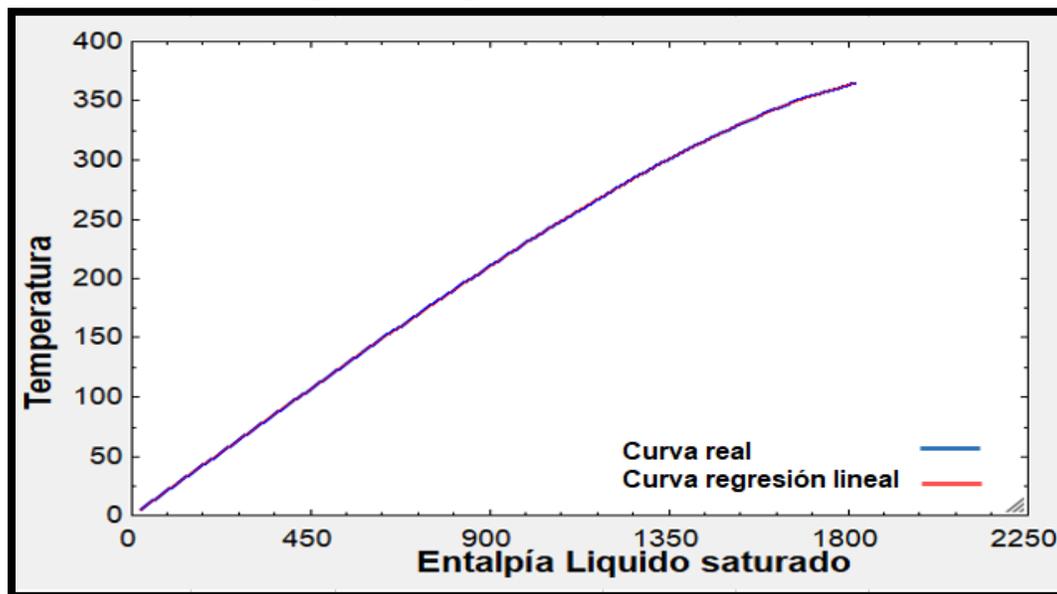
Temperatura	Valor Aproximado	Valor real	Error (%)	Error promedio (%)
50°C	210.5	207.1	1.6417	0.527
100°C	418.1	419.2	0.2624	
150°C	632	634.5	0.394	
200°C	853.6	852.3	0.1525	
250°C	1085	1083	0.1846	

Fuente: Autor

### Regresión lineal de polinomio de 5to orden

De acuerdo con la figura 6, se encuentra la ecuación polinómica de 5to orden del parámetro Entalpía Líquido saturado =  $-53868442E + 00 + 4.62053246E + 00 * Temperatura - 9.23459194E - 03 * Temperatura ^ 2 + 7.72038791E - 05 * Temperatura ^ 3 - 2.68683379E - 07 * Temperatura ^ 4 + 3.64522085E - 10 * Temperatura ^ 5$ ; además en la tabla 32 se describe el error promedio.

**Figura 6.** Regresión lineal 5to orden



Fuente: Autor

**Tabla 32.** Error promedio 5to orden

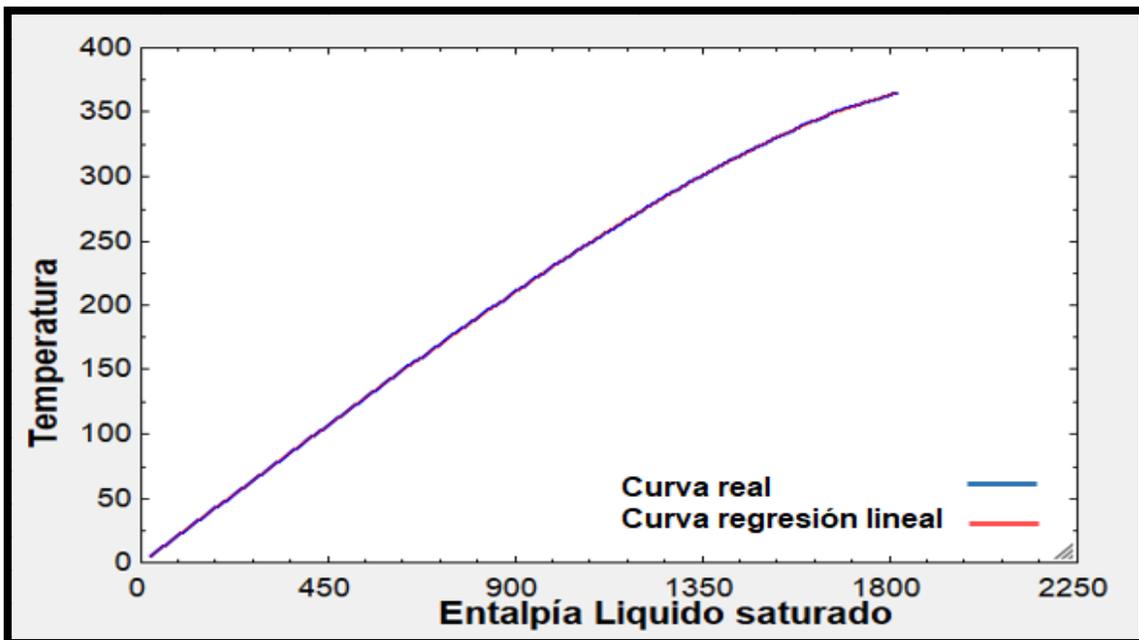
Temperatura	Valor Aproximado	Valor real	Error (%)	Error promedio (%)
50°C	210.5	209.34	0.5541	0.2118
100°C	418.1	419.17	0.2552	
150°C	632	632.18	0.0284	
200°C	853.6	852.26	0.1572	
250°C	1085	1085.7	0.0644	

Fuente: Autor

### Regresión lineal de polinomio de 6to orden

Según la figura 7 se da a conocer la ecuación polinómica de 6to orden del parámetro Entalpía liquido saturado =  $4.54862634E+00 + 3.83449078E+00 * Temperatura + 9.03875488E-3 * Temperatura^2 - 1.05110332E-04 * Temperatura^3 + 6.10288342E-07 * Temperatura^4 - 1.65556343E-09 * Temperatura^5 + 1.77411222E-12 * Temperatura^6$ , y en la tabla 33 se presenta el error promedio.

**Figura 7.** Regresión lineal 6to orden



Fuente: Autor

**Tabla 33.** Error promedio 6to orden y relación promedio margen de error

Temperatura	Valor Aproximado	Valor real	Error (%)	Error promedio (%)
50°C	209.2	209.34	0.0066	0.02706
100°C	419.5	419.17	0.0787	
150°C	631.8	632.18	0.006	
200°C	852.4	852.26	0.0164	
250°C	1086	1085.7	0.0276	

Relación promedio margen de error							
Error permisible	Orden 0	Orden 1	Orden 2	Orden 3	Orden 4	Orden 5	Orden 6
0.1 %	92.27%	4.693%	2.433%	0.926%	0.257%	0.211%	0.027%

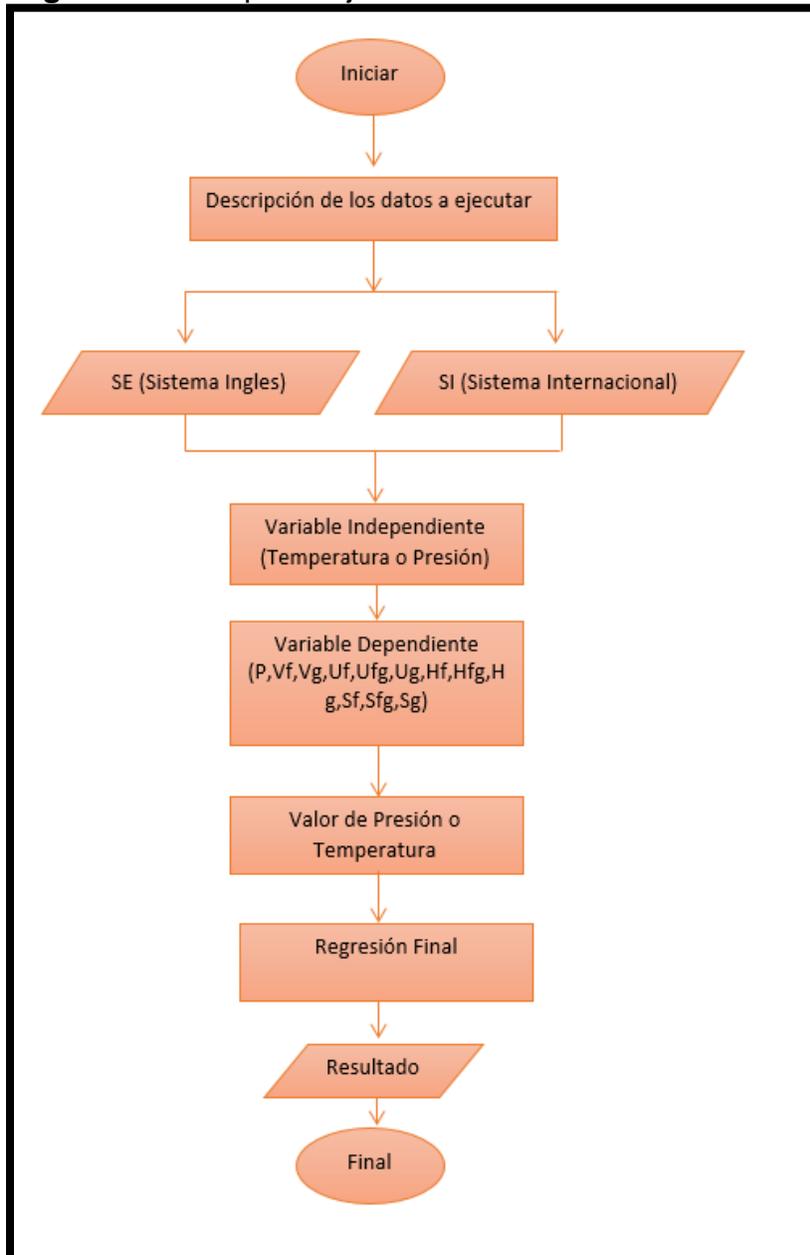
Fuente: Autor

Como se puede observar en el ejemplo, dependiendo del orden polinómico y tipo de curva de los valores correlacionados entre si al momento de graficar, se puede determinar las tendencias y así realizar una búsqueda de la ecuación que mejor satisfaga los valores representados.

Por otra parte, según el autor Vinuesa (2016) se establece un porcentaje de error mínimo permisible de 0.1%, dicho valor es comparado con los porcentajes obtenidos de las ecuaciones de orden 0 a 6 con el fin de establecer el valor mínimo permitido como muestra la tabla 33. Dicho resultado permite concluir para el caso planteado la selección de la ecuación de orden 6 debido a que se encuentra por debajo. Dicho patrón de valor límite permisible debe ser tenido en cuenta cada vez que se vaya a realizar el cálculo de las ecuaciones que conforman las tablas de propiedades termodinámicas que se aplican en el software (ver anexo 34 a 44).

Como se puede observar en la figura 8, se muestra un diagrama de bloques que describe como se ejecutan las ecuaciones en el software para determinar un resultado.

**Figura 8.** Descripción ejecución de ecuación en software



**Fuente:** Autor

### **3.2. REALIZAR LA ARQUITECTURA Y LA INTERFAZ GRÁFICA DEL SOFTWARE SELECCIONADO PROGRAMANDO EL INTERIOR DE CADA BLOQUE PARA LA RESOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES TERMODINÁMICAS.**

Tiene como enfoque principal dar a conocer la elaboración de la arquitectura y la interfaz gráfica del software, ya que son parte fundamental en el momento de crear un programa, lo cual se debe a que la interfaz es el punto de contacto que establece un tratado que permite el intercambio de información entre elementos que forman parte de la arquitectura de un sistema de software. Ya con la información establecida en la base de datos para su utilización se procede a la configuración de los comandos principales.

Los comandos del software MATLAB se implementan en la organización y resultados de las ecuaciones propuestas, y es de allí donde se encuentran las variables establecidas que, al **configurar** las estructuras con operaciones matemáticas, las cuales son utilizadas en cualquier tipo de ejercicio, el usuario tiene total libertad en incluir los datos para conocer el comportamiento real de los procesos termodinámicos al variar los valores de las variables de entrada y/o salida.

Para la identificación del uso del programa se realiza un paso a paso que le permita al ejecutor del programa conocer los parámetros que debe ingresar y cuáles son los que el programa arroja al instante al realizar la configuración, una de las ventajas principales del software, es el manejo de resultados casi que instantáneos y la comparación de los resultados matemáticos que se hacen analíticamente comprobando un porcentaje de error mínimo comparándolo entre el método tradicional para dar resolución a los ejercicios termodinámicos.

A continuación, por medio de la tabla 34 se observa de manera detallada cada una de las partes que conforman el lenguaje de programación del software, logrando identificar los aspectos a los que se puede tener acceso al momento de desarrollar la simulación.

**Tabla 34.** Código presentación inicial del software

SIMULACION DE LA PAGINA PRINCIPAL		
		
Código	Descripción	
<pre>gui_Singleton = 1 gui_State = struct('gui_Name '     mfilename, 'gui_Singleton',     gui_Singleton, ... 'gui_Opening     Fcn'     @TermoPro_Opening Fcn 'gui_     Output Fcn'     @TermoPro_Output Fcn 'gui_     Layout Fcn', [],     if nargin &amp;&amp; ischar(varargin{1})     gui_State.gui_Callback     str2func(varargin{1})     end     if nargin     [varargout{1:nargout}] = gui_main     fcn(gui_State, varargin{:});</pre>	<p>La cabecera de la función de aplicación la cual contiene comentarios de ayuda y comandos de inicialización que no es necesario editar</p>	

<pre>else gui_main fcn(gui_State, varargin{:}); end</pre>	
<pre>function TermoPro_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)</pre>	Es la función que se ejecuta cuando se inicia la GUI, donde se lleva a cabo una primera representación gráfica.
<pre>handles.output = hObject;</pre>	añade el campo "output" a la variable handles y le asigna el handle correspondiente a la figure, hObject.
<pre>a=imread('tobera.jpg');</pre>	Ingreso de la imagen de la imagen de la tobera.
<pre>set(handles.pushbutton1,'CData',a)</pre>	al presionar el botón 1 ingresar datos
<pre>b=imread('cili.png');</pre>	Ingreso de la imagen de la imagen del cilindro.
<pre>set(handles.pb2,'CData',b)</pre>	al presionar el botón 2 ingresar datos
<pre>c=imread('turbina.png');</pre>	Ingreso de la imagen de la imagen de la turbina.
<pre>set(handles.pb3,'CData',c)</pre>	al presionar el botón 3 ingresar datos
<pre>d=imread('tubos.png');</pre>	Ingreso de la imagen de la imagen de la tubos.
<pre>set(handles.pb4,'CData',d)</pre>	al presionar el botón 4 ingresar datos
<pre>e=imread('compre.jpg');</pre>	Ingreso de la imagen de la imagen del compresor.
<pre>set(handles.pb5,'CData',e)</pre>	al presionar el botón 5 ingresar datos
<pre>f=imread('inter.png');</pre>	Ingreso de la imagen de la imagen del intercambiador.
<pre>set(handles.pb6,'CData',f)</pre>	al presionar el botón 6 ingresar datos
<pre>axes(handles.logo) handles.imagen=imread('UTSLOGO.jpg');</pre>	Ingreso de la imagen de la imagen del logo del software
<pre>imagesc(handles.imagen) axis off</pre>	cierre de imagen del logo

<code>guidata(hObject, handles);</code>	Actualiza la estructura de handles si se han hecho cambios.
<code>function varargout = TermoPro_Output Fcn(hObject, eventdata, handles) varargout{1} = handles.output;</code>	Obtener la salida de línea de comando predeterminada de la estructura de los controladores.
<code>function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles) Tobera;</code>	Ejecutar ventana al presionar un botón en el pulsador 1.
<code>function pb5_Callback(hObject, eventdata, handles)</code>	Ejecutar ventana al presionar un botón en el pulsador 5.
<code>function pb3_Callback(hObject, eventdata, handles)</code>	Ejecutar ventana al presionar un botón en el pulsador 3.
<code>function pb6_Callback(hObject, eventdata, handles)</code>	Ejecutar ventana al presionar un botón en el pulsador 6.
<code>function pb4_Callback(hObject, eventdata, handles)</code>	Ejecutar ventana al presionar un botón en el pulsador 4.
<code>function pb2_Callback(hObject, eventdata, handles)</code>	Ejecutar ventana al presionar un botón en el pulsador 2.
<code>function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)</code>	Ejecutar ventana al presionar un botón en el pulsador 7.
<code>function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)</code>	Ejecutar ventana al presionar un botón en el pulsador 8.
<code>function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)</code>	Editar la ventana anterior
<code>function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)</code>	Editar el menú emergente creado
<code>if ispc &amp;&amp; isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'), get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))  set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');</code>	Determinación de los colores de los controles del menú emergente

	End	Fin

Fuente: Autores

La Tabla 35, permite evidenciar el código fuente efectuado para el cumplimiento de una serie de ordenes orientadas a la ejecución de comandos en la página principal, la estructura del mismo da cabida a la representación del título, nombres y cada uno de los procesos termodinámicos incluidos en el software caracterizados por tobera, turbina, tubos, compresor, intercambiador de calor y cilindro pistón.

**Tabla 35. Código ejecución proceso de tobera**

Descripción del código
<pre>function varargout = Tobera(varargin) gui_Singleton = 1; gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...                   'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...                   'gui_OpeningFcn',  @Tobera_OpeningFcn, ...                   'gui_OutputFcn',   @Tobera_OutputFcn, ...                   'gui_LayoutFcn',   [] , ...                   'gui_Callback',    []); if nargin &amp;&amp; ischar(varargin{1})     gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1}); end if nargin     [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); else     gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); end axes(handles.axes1) handles.imagen=imread('difu.png'); imagesc(handles.imagen) axis off guidata(hObject, handles); axes(handles.axes2) handles.imagen=imread('log.png'); imagesc(handles.imagen) axis off RB1_Callback(hObject, eventdata, handles); RB7_Callback(hObject, eventdata, handles); global p; p.Mydata=[]; varargout{1} = handles.output; P1=str2double(get(handles.edit1,'string')); T1=str2double(get(handles.edit2,'string')); V1=str2double(get(handles.edit3,'string')); fm=str2double(get(handles.edit4,'string')); A1=str2double(get(handles.edit5,'string'));</pre>

```

V1=str2double(get(handles.edit6,'string'));
P2=str2double(get(handles.edit7,'string'));
T2=str2double(get(handles.edit8,'string'));
V2=str2double(get(handles.edit12,'string'));
qout=str2double(get(handles.edit13,'string'));
den=str2double(get(handles.edit14,'string'));
global p;
if handles.RB1.Value == 1
    M=1;
elseif handles.RB2.Value == 1
    M=2;
elseif handles.RB3.Value == 1
    M=3;
elseif handles.RB4.Value == 1
    M=4;
elseif handles.RB5.Value == 1
    M=5;
elseif handles.RB6.Value == 1
    M=6;
elseif handles.RB19.Value == 1
    M=7;
elseif handles.RB17.Value == 1
    M=8;
elseif handles.RB32.Value == 1
    M=9;
elseif handles.RB33.Value == 1
    M=10;
elseif handles.RB34.Value == 1
    M=11;
elseif handles.RB35.Value == 1
    M=12;
end
if handles.RB7.Value == 1
    R=0.287;
    switch M
    case 1%presion
        P1=R*(T1+273.15)/Ve1;%Presion, Ve1(Volumen especifico 1)
        DataA1=char("Presion Inicial");
        DataA2=P1;
        DataA3=char("Kpa");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 2%volumen especifico y propiedades
        if handles.RB30.Value == 1
            ve=R*(T1+273.15)/P1;
        else
            ve=volumen("V",T1,P1);
        end
        DataA1=char("V Espe");
        DataA2=ve;
        DataA3=char("m^3/Kg");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 3%area
        if handles.RB30.Value == 1
            ve=R*(T1+273.15)/P1;
        else
            ve=volumen("V",T1,P1);
        end
        A=fm*ve/V1;
    
```

```

    DataA1=char("Area");
    DataA2=A;
    DataA3=char("m^2");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 4%temperatura
    h=enthalpy("H",T1,P1);
    h2=h-qout-((V2^2-V1^2)/2)*(1/1000);
    To=enthalpy("T",h2,P2);
    DataA1=char("Temperatura");
    DataA2=To;
    DataA3=char("°C");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 5%flujo masico
    if handles.RB30.Value == 1
        ve=R*(T1+273.15)/P1;
    else
        ve=volumen("V",T1,P1);
    end
    fm=(1/ve)*V1*A1;
    DataA1=char("F. Masico");
    DataA2=fm;
    DataA3=char("kg/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 6%velocidad
    if handles.RB30.Value == 1
        ve=R*(T1+273.15)/P1;
    else
        ve=volumen("V",T1,P1);
    end
    vel=(fm*ve)/A1;
    DataA1=char("Velocidad");
    DataA2=vel;
    DataA3=char("m/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 7%densidad
    mpun=den*A1*V1;
    DataA1=char("F. Masico");
    DataA2=mpun;
    DataA3=char("kg/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 8%area densidad
    mpun=fm/(den*V1);
    DataA1=char("Area");
    DataA2=mpun;
    DataA3=char("m^2");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 9%area 2
    if handles.RB30.Value == 1
        ve=R*(T1+273.15)/P2;
    else
        ve=volumen("V",T2,P2);
    end
    h1=enthalpy("H",T1,P1);
    h2=enthalpy("H",T2,P2);
    v2=sqrt(2000*((qout/fm)+(h1-h2))+(V1*V1));
    a2=fm*ve/v2;
    DataA1=char("Area");
    DataA2=a2;

```

```

        DataA3=char("m^2");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 10%velocidad 2
        h1=enthalpy("H",T1,P1);
        h2=enthalpy("H",T2,P2);
        v2=sqrt(2000*((qout/fm)+(h1-h2))+(V1*V1));
        DataA1=char("Velocidad");
        DataA2=v2;
        DataA3=char("m/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 11%flujo volumetrico
        if handles.RB30.Value == 1
            ve=R*(T1+273.15)/P1;
        else
            ve=volumen("V",T1,P1);
        end
        vol=ve*fm;
        DataA1=char("F. Volumetrico");
        DataA2=vol;
        DataA3=char("m^3/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 12%energia
        if handles.RB30.Value == 1
            h1=enthalpyair("H",T1);
            h2=enthalpyair("H",T2);
        else
            h1=enthalpy("H",T1,P1);
            h2=enthalpy("H",T2,P2);
        end
        qo=fm*(h2-h1)+(1/2000)*(V2*V2-V1*V1);
        DataA1=char("Energia Perdida");
        DataA2=qo;
        DataA3=char("Kj/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    end
else
    R=0.5956;
    switch M
    case 1%presion
        P1=R*(T1+459.67)/Vel;%Presion, Vel(Volumen especifico 1)
        DataA1=char("Presion Inicial");
        DataA2=P1;
        DataA3=char("Psi");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 2%volumen especifico y propiedades
        if handles.RB30.Value == 1
            ve=R*(T1+459.67)/P1;
        else
            ve=volumenes("V",T1,P1);
        end
        DataA1=char("V Espe");
        DataA2=ve;
        DataA3=char("ft^3/Kg");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 3%area
        if handles.RB30.Value == 1
            ve=R*(T1+459.67)/P1;
        else

```

```

        ve=volumenes("V",T1,P1);
    end
    A=fm*ve/V1;
    DataA1=char("Area");
    DataA2=A;
    DataA3=char("ft^2");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 4%temperatura
    h=enthalpyes("H",T1,P1);
    h2=h-qout-((V2^2-V1^2)/2)*(1/25037);
    To=enthalpyes("T",h2,P2);
    DataA1=char("Temperatura");
    DataA2=To;
    DataA3=char("°F");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 5%flujo masico
    if handles.RB30.Value == 1
        ve=R*(T1+459.67)/P1;
    else
        ve=volumenes("V",T1,P1);
    end
    fm=(1/ve)*V1*A1;
    DataA1=char("F. Masico");
    DataA2=fm;
    DataA3=char("lb/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 6%velocidad
    if handles.RB30.Value == 1
        ve=R*(T1+459.67)/P1;
    else
        ve=volumenes("V",T1,P1);
    end
    vel=(fm*ve)/A1;
    DataA1=char("Velocidad");
    DataA2=vel;
    DataA3=char("ft/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 7%densidad
    mpun=den*A1*V1;
    DataA1=char("F. Masico");
    DataA2=mpun;
    DataA3=char("Lb/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 8%area densidad
    mpun=fm/(den*V1);
    DataA1=char("Area");
    DataA2=mpun;
    DataA3=char("ft^2");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 9%area 2
    if handles.RB30.Value == 1
        ve=R*(T1+459.67)/P1;
    else
        ve=volumenes("V",T1,P1);
    end
    h1=enthalpyes("H",T1,P1);
    h2=enthalpyes("H",T2,P2);
    v2=sqrt(2000*((qout/fm)+(h1-h2))+(V1*V1));

```

```

a2=fm*ve/v2;
DataA1=char("Area");
DataA2=a2;
DataA3=char("m^2");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 10%velocidad 2
h1=enthalpyes("H",T1,P1);
h2=enthalpyes("H",T2,P2);
v2=sqrt(25037*((qout/fm)+(h1-h2))+(V1*V1));
DataA1=char("Velocidad");
DataA2=v2;
DataA3=char("ft/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 11%flujo volumetrico
if handles.RB30.Value == 1
ve=R*(T1+459.67)/P1;
else
ve=volumenes("V",T1,P1);
end
vol=ve*fm;
DataA1=char("F. Volumetrico");
DataA2=vol;
DataA3=char("ft^3/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 12%energia
if handles.RB30.Value == 1
h1=enthalpyair("H",T1);
h2=enthalpyair("H",T2);
h1=convener(h1,"kj/kg","btu/lb");
h2=convener(h2,"kj/kg","btu/lb");
else
h1=enthalpyes("H",T1,P1);
h2=enthalpyes("H",T2,P2);
end
qo=fm*(h2-h1)+(1/50.074)*(V2*V2-V1*V1);
DataA1=char("Energia Perdida");
DataA2=qo;
DataA3=char("Btu/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
end
end
end

```

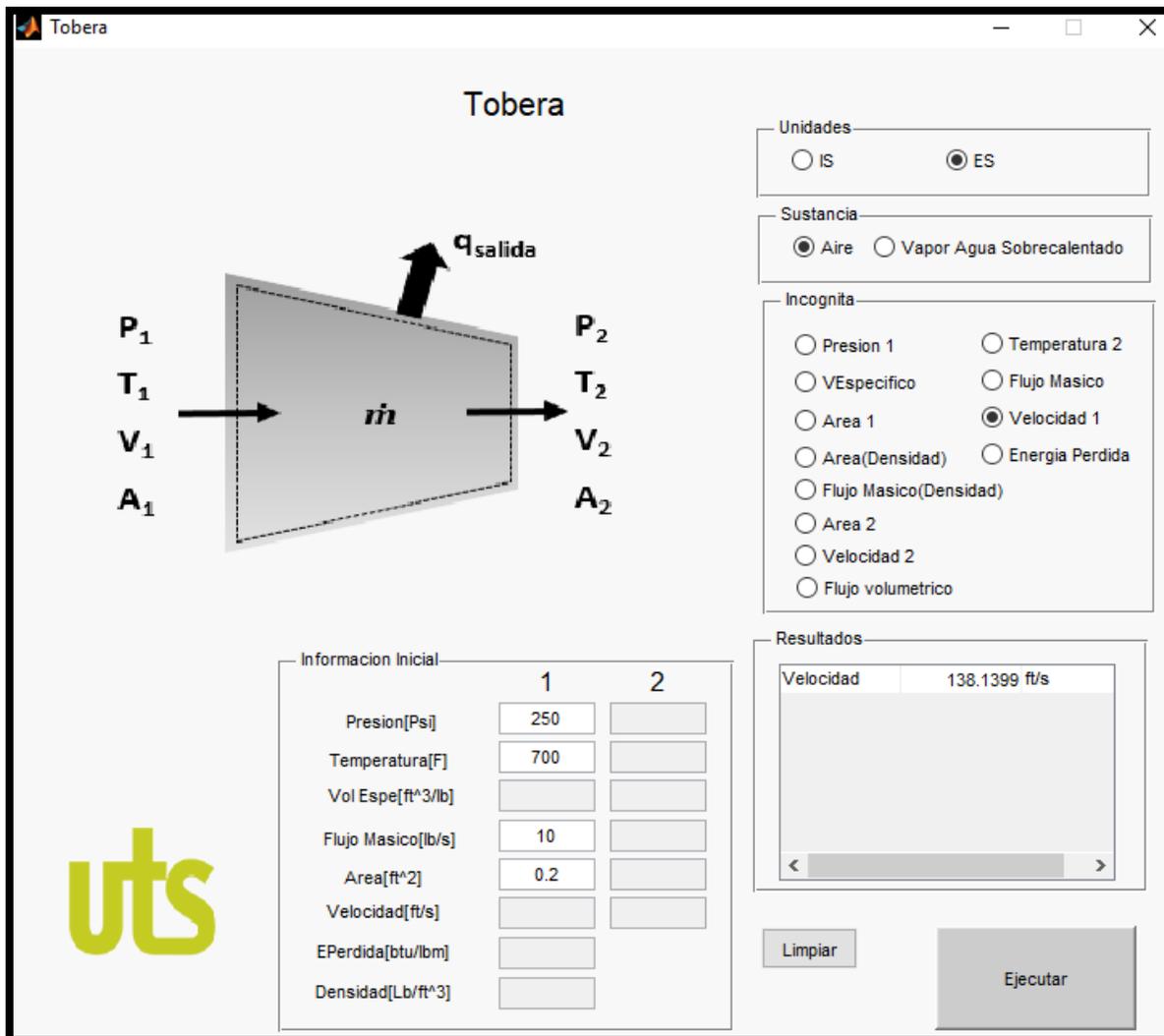
**Fuente:** Autores

Las iteraciones efectuadas permiten la obtención de datos según las variables ingresadas. Por otra parte, con el propósito de identificar la objetividad de cada línea se establecen una serie de notas, las cuales son agregadas con el propósito de comprender código y, además, puedan refrescar la memoria cuando deba retomarlo.

La Figura 8 permite evidenciar la vista del software TermoPro al seleccionar la opción Tobera, donde se visualiza el sistema internacional y el sistema ingles en el

lateral derecho, se selecciona dependiendo de la incognita que tiene como objetivo hallar. Además, en la parte central inferior contiene múltiples espacios donde irá ubicada la información, dependiendo de la unidad seleccionada estarán disponibles solo las necesarias para entregar el resultado final.

**Figura 9.** Calculo de las propiedades para la tobera en matlab

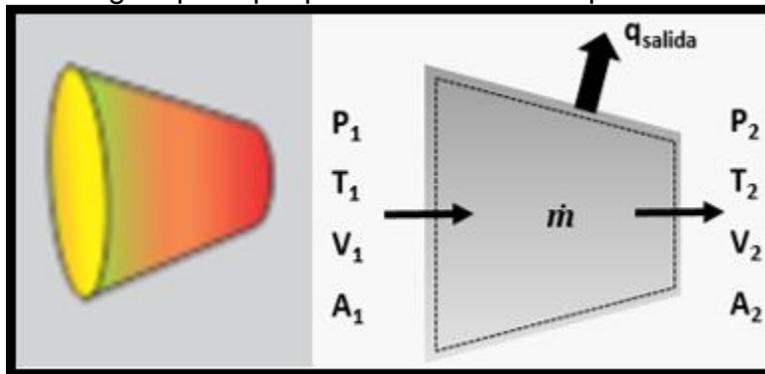


Fuente: Autores

Una vez ejecutado el código se logra observar la página principal, evidenciada en la Figura 9 imagen izquierda en la cual se selecciona la interfaz gráfica del proceso termodinámico (Tobera). A partir de dicha selección se crea un nuevo

vínculo que ilustra el diagrama de la tobera que se visualiza con las respectivas casillas en las que será posible la digitalización de los valores para llevar a cabo la operación.  $\dot{m}$  que corresponde al flujo másico, además de  $P_1$   $P_2$  (Presión),  $T_1$   $T_2$  (Temperatura),  $V_1$   $V_2$  (Volumen específico),  $A_1$   $A_2$  (Área). La ejecución del proceso se efectúa bajo el registro de información requerida como dato inicial (Volumen específico, velocidad y flujo másico).

**Figura 10.** Página principal para la elección del proceso de la tobera



Fuente: Autores

La Tabla 36 permite ilustrar las herramientas del software TermoPro para el cilindro pistón el cual permite contruir una paredmovil de la cámara de combustión y así transmitir la energía de los gases mediante un motivimiento alternativo del cilindro.

**Tabla 36.** Código ejecución proceso de cilindro pistón

Descripción del código
<pre>function varargout = cilindro(varargin) gui_Singleton = 1; gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...                   'gui_OpeningFcn', @cilindro_OpeningFcn, ...                   'gui_OutputFcn',  @cilindro_OutputFcn, ...                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...                   'gui_Callback',   []); if nargin &amp;&amp; ischar(varargin{1})     gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1}); end if nargout     [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); else     gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); end</pre>

```
function cilindro_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);
axes(handles.axes1)
handles.imagen=imread('cilindro_img.png');
imagesc(handles.imagen)
axis off
global p;
p.Mydata=[];
RB1_Callback(hObject, eventdata, handles);
RB20_Callback(hObject, eventdata, handles)
function varargout = cilindro_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
pin=str2double(get(handles.E1, 'string'));
pout=str2double(get(handles.E2, 'string'));
tin=str2double(get(handles.E3, 'string'));
tout=str2double(get(handles.E4, 'string'));
masa=str2double(get(handles.E5, 'string'));
patm=str2double(get(handles.E6, 'string'));
vol=str2double(get(handles.E7, 'string'));
cal=str2double(get(handles.E8, 'string'));
atra=str2double(get(handles.E9, 'string'));
ve=str2double(get(handles.E10, 'string'));
cal=cal/100;
global p;
if handles.RB1.Value == 1
    M=1;
elseif handles.RB2.Value == 1
    M=2;
elseif handles.RB3.Value == 1
    M=3;
elseif handles.RB4.Value == 1
    M=4;
elseif handles.RB5.Value == 1
    M=5;
elseif handles.RB6.Value == 1
    M=6;
elseif handles.RB7.Value == 1
    M=7;
elseif handles.RB8.Value == 1
    M=8;
elseif handles.RB9.Value == 1
    M=9;
elseif handles.RB10.Value == 1
    M=10;
elseif handles.RB11.Value == 1
    M=11;
end
if handles.RB30.Value == 1
    A1=1;
elseif handles.RB31.Value == 1
    A1=2;
elseif handles.RB32.Value == 1
    A1=3;
elseif handles.RB33.Value == 1
    A1=4;
end
```

```

if handles.RB40.Value == 1
    A2=1;
elseif handles.RB41.Value == 1
    A2=2;
elseif handles.RB42.Value == 1
    A2=3;
elseif handles.RB43.Value == 1
    A2=4;
end
if handles.RB20.Value == 1
    switch M
    case 1%Temperatura final
        temp=TableTermo("P","T",pout,"SI");
        DataA1=char("Temperatura");
        DataA2=temp;
        DataA3=char("°C");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 2%presion area
        pa=(masa*9.81/atra)+patm;
        DataA1=char("Presion");
        DataA2=pa;
        DataA3=char("Kpa");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 3%trabajo
        switch A1
        case 1%
            v1=TableTermo("P","Vg",pin,"SI");
        case 2%
            va=TableTermo("P","Vf",pin,"SI");
            vb=TableTermo("P","Vg",pin,"SI")-va;
            v1=va+cal*vb;
        case 3%
            v1=TableTermo("P","Vf",pin,"SI");
        case 4%
            v1=volumen("V",tin,pin);
        end
        switch A2
        case 1%
            v2=TableTermo("P","Vg",pout,"SI");
        case 2%
            va=TableTermo("P","Vf",pout,"SI");
            vb=TableTermo("P","Vg",pout,"SI")-va;
            v2=va+cal*vb;
        case 3%
            v2=TableTermo("P","Vf",pout,"SI");
        case 4%
            v2=volumen("V",tout,pout);
        end
        tr=pin*masa*(v2-v1);
        DataA1=char("Trabajo");
        DataA2=tr;
        DataA3=char("Kj");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 4%volumen
        switch A1
        case 1%
            v1=TableTermo("P","Vg",pin,"SI");
        case 2%

```

```

        va=TableTermo("P","Vf",pin,"SI");
        vb=TableTermo("P","Vg",pin,"SI")-va;
        v1=va+cal*vb;
    case 3%
        v1=TableTermo("P","Vf",pin,"SI");
    case 4%
        v1=volumen("V",tin,pin);
    end
    vol=v1*masa;
    DataA1=char("Volumen");
    DataA2=vol;
    DataA3=char("m^3/Kg");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 5%Calor transferido
        switch A1
    case 1%
        h1=TableTermo("P","Hg",pin,"SI");
    case 2%
        ha=TableTermo("P","Hf",pin,"SI");
        hb=TableTermo("P","Hfg",pin,"SI");
        h1=ha+cal*hb;
    case 3%
        h1=TableTermo("P","Hf",pin,"SI");
    case 4%
        h1=enthalpy("H",tin,pin);
    end
        switch A2
    case 1%
        h2=TableTermo("P","Hg",pout,"SI");
    case 2%
        ha=TableTermo("P","Hf",pout,"SI");
        hb=TableTermo("P","Hfg",pout,"SI");
        h2=ha+cal*hb;
    case 3%
        h2=TableTermo("P","Hf",pout,"SI");
    case 4%
        h2=enthalpy("H",tout,pout);
    end
        Q=masa*(h2-h1);
        DataA1=char("Calor Transferido");
        DataA2=Q;
        DataA3=char("Kj");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 6%volumen espe
        ve=vol/masa;
        DataA1=char("Volumen");
        DataA2=ve;
        DataA3=char("m^3");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 7%tempé volumen espe
        switch A1
    case 1%
        t1=TableTermo("Vf","T",ve,"SI");
    case 2%
        warndlg("No se puede calcular con mezcla")
    case 3%
        t1=TableTermo("Vg","T",ve,"SI");
    case 4%

```

```

        warndlg("No se puede calcular con vapor sobrecalentado")
    end
    DataA1=char("Temperatura");
    DataA2=t1;
    DataA3=char("°C");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 8%delta vol
    switch A1
    case 1%
        v1=TableTermo("P","Vg",pin,"SI");
    case 2%
        va=TableTermo("P","Vf",pin,"SI");
        vb=TableTermo("P","Vg",pin,"SI")-va;
        v1=va+cal*vb;
    case 3%
        v1=TableTermo("P","Vf",pin,"SI");
    case 4%
        v1=volumen("V",tin,pin);
    end
    switch A2
    case 1%
        v2=TableTermo("P","Vg",pout,"SI");
    case 2%
        va=TableTermo("P","Vf",pout,"SI");
        vb=TableTermo("P","Vg",pout,"SI")-va;
        v2=va+cal*vb;
    case 3%
        v2=TableTermo("P","Vf",pout,"SI");
    case 4%
        v2=volumen("V",tout,pout);
    end
    del=masa*(v2-v1);
    DataA1=char("D Volumen");
    DataA2=del;
    DataA3=char("m^3");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 9%delta e interna
    switch A1
    case 1%
        u1=TableTermo("P","Ug",pin,"SI");
    case 2%
        ua=TableTermo("P","Uf",pin,"SI");
        ub=TableTermo("P","Ug",pin,"SI")-ua;
        u1=ua+cal*ub;
    case 3%
        u1=TableTermo("P","Uf",pin,"SI");
    case 4%
        u1=ienergy("U",tin,pin);
    end
    switch A2
    case 1%
        u2=TableTermo("P","Ug",pout,"SI");
    case 2%
        ua=TableTermo("P","Uf",pout,"SI");
        ub=TableTermo("P","Ug",pout,"SI")-ua;
        u2=ua+cal*ub;
    case 3%
        u2=TableTermo("P","Uf",pout,"SI");

```

```

case 4%
    u2=ienergy("U",tout,pout);
    end

    del=masa*(u2-u1);
    DataA1=char("D Energia Interna");
    DataA2=del;
    DataA3=char("Kj");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 10%masa
    switch A1
case 1%
    v1=TableTermo("P","Vg",pin,"SI");
case 2%
    va=TableTermo("P","Vf",pin,"SI");
    vb=TableTermo("P","Vg",pin,"SI")-va;
    v1=va+cal*vb;
case 3%
    v1=TableTermo("P","Vf",pin,"SI");
case 4%
    v1=volumen("V",tin,pin);
    end
    masa=vol/v1;
    DataA1=char("Masa");
    DataA2=masa;
    DataA3=char("Kg");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 11%presion final
    p1=TableTermo("T","P",tout,"SI");
    DataA1=char("Presion");
    DataA2=p1;
    DataA3=char("Kpa");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    end
else
    switch M
case 1%Temperatura final
    temp=TableTermo("P","T",pout,"SE");
    DataA1=char("Temperatura");
    DataA2=temp;
    DataA3=char("°F");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 2%presion area
    pa=(masa*9.81/atra)+patm;
    DataA1=char("Presion");
    DataA2=pa;
    DataA3=char("Psi");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 3%trabajo
    switch A1
case 1%
    v1=TableTermo("P","Vg",pin,"SE");
case 2%
    va=TableTermo("P","Vf",pin,"SE");
    vb=TableTermo("P","Vg",pin,"SE")-va;
    v1=va+cal*vb;
case 3%
    v1=TableTermo("P","Vf",pin,"SE");

```

```

case 4%
    v1=volumenes("V",tin,pin);
end
    switch A2
case 1%
    v2=TableTermo("P","Vg",pout,"SE");
case 2%
    va=TableTermo("P","Vf",pout,"SE");
    vb=TableTermo("P","Vg",pout,"SE")-va;
    v2=va+cal*vb;
case 3%
    v2=TableTermo("P","Vf",pout,"SE");
case 4%
    v2=volumenes("V",tout,pout);
end
    tr=pin*masa*(v2-v1);
    DataA1=char("Trabajo");
    DataA2=tr;
    DataA3=char("Btu");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 4%volumen
    switch A1
case 1%
    v1=TableTermo("P","Vg",pin,"SE");
case 2%
    va=TableTermo("P","Vf",pin,"SE");
    vb=TableTermo("P","Vg",pin,"SE")-va;
    v1=va+cal*vb;
case 3%
    v1=TableTermo("P","Vf",pin,"SE");
case 4%
    v1=volumenes("V",tin,pin);
end
    vol=v1*masa;
    DataA1=char("Volumen");
    DataA2=vol;
    DataA3=char("ft^3");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 5%Calor transferido
    switch A1
case 1%
    h1=TableTermo("P","Hg",pin,"SE");
case 2%
    ha=TableTermo("P","Hf",pin,"SE");
    hb=TableTermo("P","Hfg",pin,"SE");
    h1=ha+cal*hb;
case 3%
    h1=TableTermo("P","Hf",pin,"SE");
case 4%
    h1=enthalpyes("H",tin,pin);
end
    switch A2
case 1%
    h2=TableTermo("P","Hg",pout,"SE");
case 2%
    ha=TableTermo("P","Hf",pout,"SE");
    hb=TableTermo("P","Hfg",pout,"SE");
    h2=ha+cal*hb;

```

```

case 3%
    h2=TableTermo("P","Hf",pout,"SE");
case 4%
    h2=enthalpyes("H",tout,pout);
    end
    Q=masa*(h2-h1);
    DataA1=char("Calor Transferido");
    DataA2=Q;
    DataA3=char("Btu");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 6%volumen espe
    ve=vol/masa;
    DataA1=char("Vol Esp");
    DataA2=ve;
    DataA3=char("ft^3/Lb");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 7%tempé volumen espe
    switch A1
case 1%
    t1=TableTermo("Vf","T",ve,"SE");
case 2%
    warndlg("No se púede calcular con mezcla")
case 3%
    t1=TableTermo("Vg","T",ve,"SE");
case 4%
    warndlg("No se púede calcular con vapor sobrecalentado")
    end
    DataA1=char("Temperatura");
    DataA2=t1;
    DataA3=char("°F");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 8%delta vol
    switch A1
case 1%
    v1=TableTermo("P","Vg",pin,"SE");
case 2%
    va=TableTermo("P","Vf",pin,"SE");
    vb=TableTermo("P","Vg",pin,"SE")-va;
    v1=va+cal*vb;
case 3%
    v1=TableTermo("P","Vf",pin,"SE");
case 4%
    v1=volumenes("V",tin,pin);
    end
    switch A2
case 1%
    v2=TableTermo("P","Vg",pout,"SE");
case 2%
    va=TableTermo("P","Vf",pout,"SE");
    vb=TableTermo("P","Vg",pout,"SE")-va;
    v2=va+cal*vb;
case 3%
    v2=TableTermo("P","Vf",pout,"SE");
case 4%
    v2=volumenes("V",tout,pout);
    end
    del=masa*(v2-v1);
    DataA1=char("D Volumen");

```

```

        DataA2=del;
        DataA3=char("ft^3");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
        case 9%delta e interna

            switch A1
            case 1%
                u1=TableTermo("P","Ug",pin,"SE");
            case 2%
                ua=TableTermo("P","Uf",pin,"SE");
                ub=TableTermo("P","Ug",pin,"SE")-ua;
                u1=ua+cal*ub;
            case 3%
                u1=TableTermo("P","Uf",pin,"SE");
            case 4%
                u1=ienergyes("U",tin,pin);
            end
            switch A2
            case 1%
                u2=TableTermo("P","Ug",pout,"SE");
            tout,pout);
            end
            del=masa*(u2-u1);
            DataA1=char("D Energia Interna");
            DataA2=del;
            DataA3=char("Btu");
            p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
            case 10%masa
                switch A1
                case 1%
                    v1=TableTermo("P","Vg",pin,"SE");
                case 2%
                    va=TableTermo("P","Vf",pin,"SE");
                    vb=TableTermo("P","Vg",pin,"SE")-va;
                    v1=va+cal*vb;
                case 3%
                    v1=TableTermo("P","Vf",pin,"SE");
                case 4%
                    v1=volumenes("V",tin,pin);
                end
                p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
            case 11%presion final
                p1=TableTermo("T","P",tout,"SE");
                DataA1=char("Presion");
                DataA2=p1;
                DataA3=char("Btu");
                p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
            end
        end
    end
end

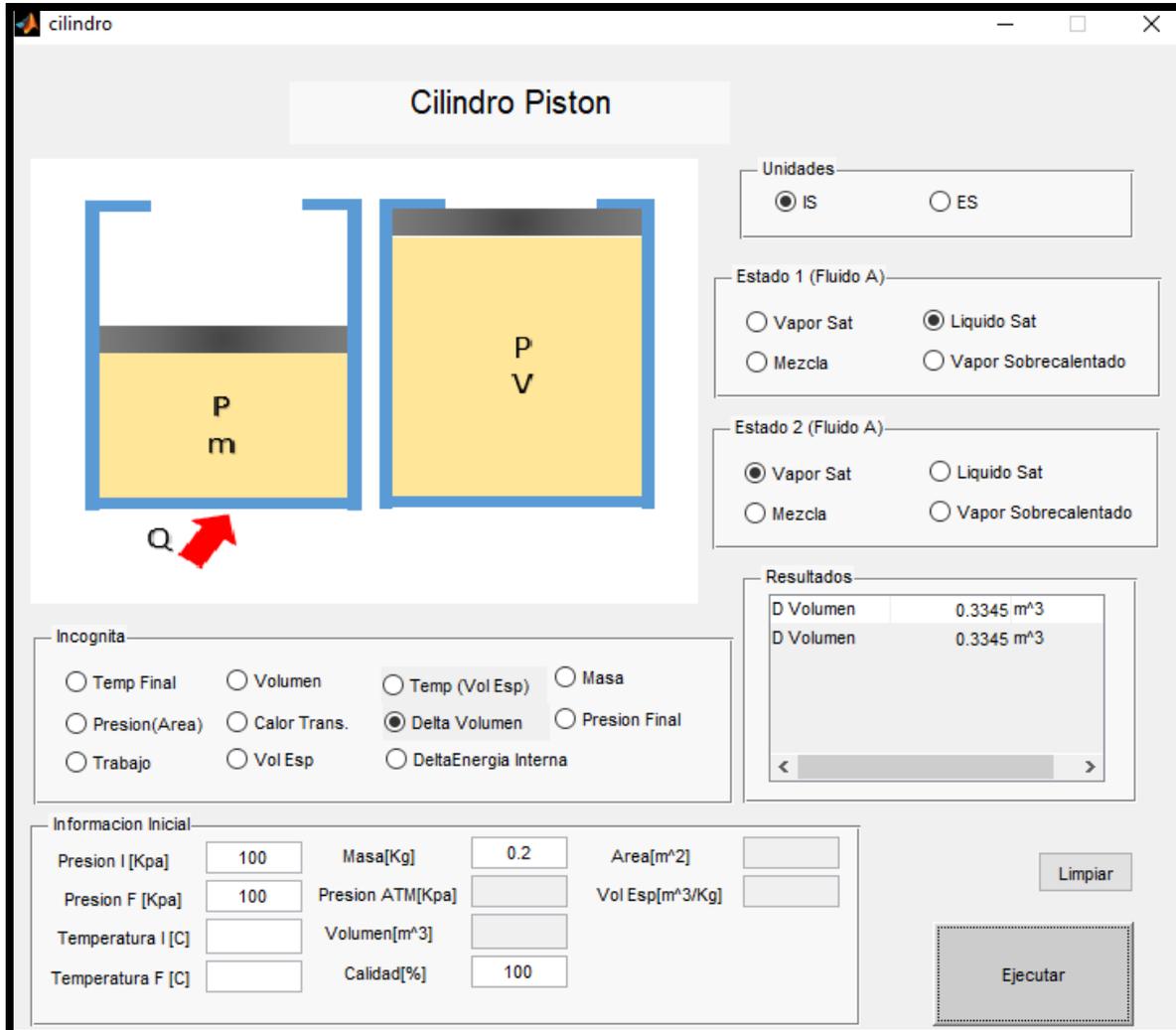
```

**Fuente:** Autores

Como se puede observar en la Figura 10 se encuentra el panel principal del cilindro pistón el cual se encuentra la incógnita con temperatura final, masa final, trabajo, calidad y calor transferido, además en la información primaria se

encuentra la presión inicial, presión final, volumen y masa para poder hallar los valores que se requieren para realizar los diferentes tipos de procedimientos que pueden ser efectuados por el software.

**Figura 11. Cilindro pistón**

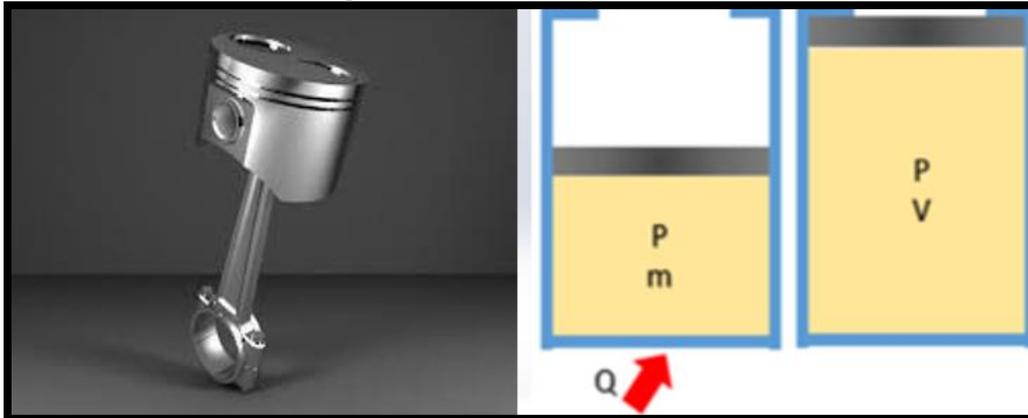


**Fuente:** Autores

La Figura 11 ilustra el cilindro de pistón tubo y coraza donde se observan los valores Q (energía), Pm (Presión de masa) y Pv (Presión de volumen), cada uno es necesario para poder resolver cada una de las incógnitas que se presentan en

el software TermoPro, por lo que se observa que en el pistón de Presión masa ( $P$   $m$ ) se ejerce energía sobre un elemento que se permite comprimir.

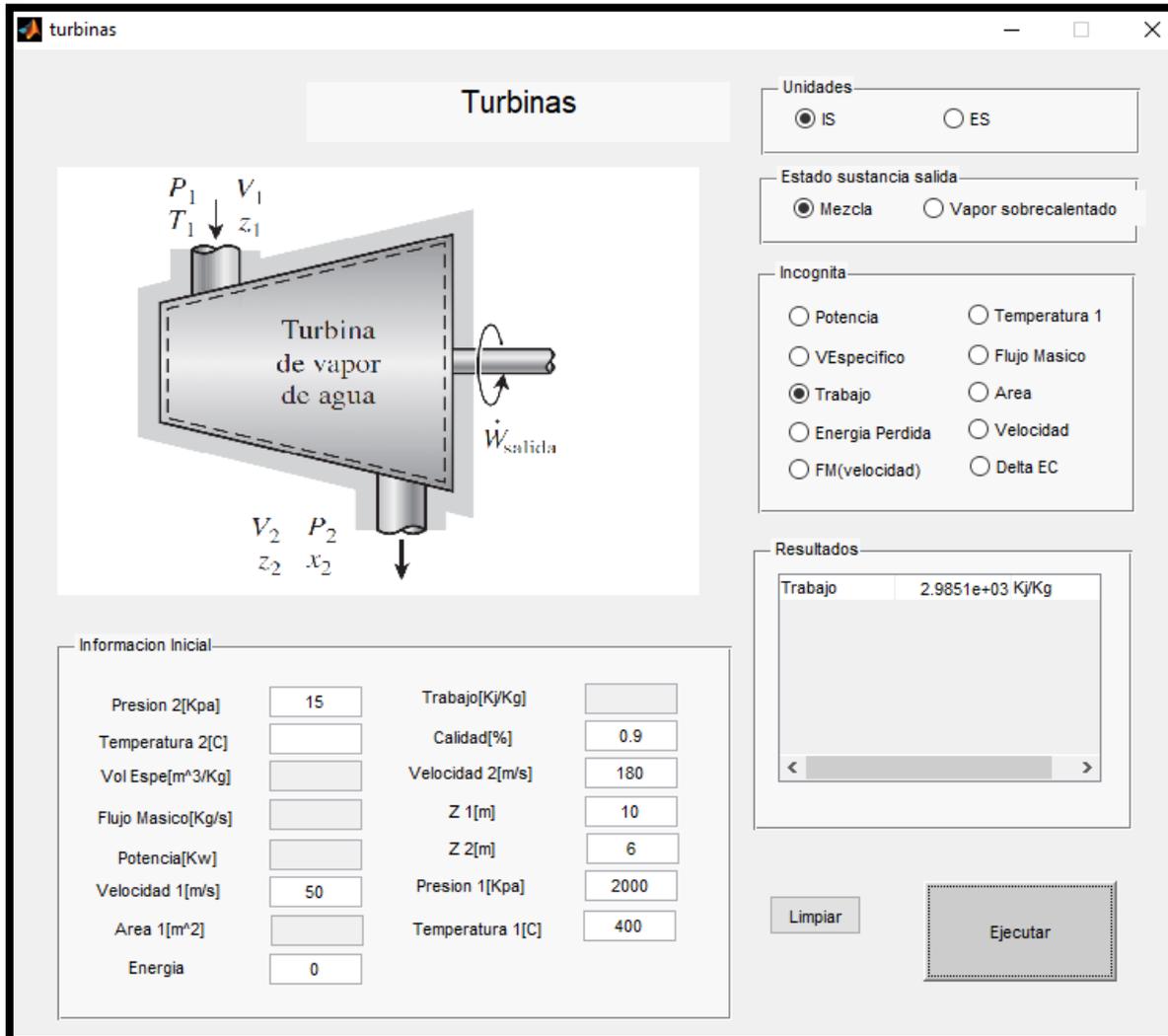
**Figura 12.** Cilindro pistón.



Fuente: Autores

Como se evidencia en la Figura 12 las turbinas se encuentra en el sistema internacional de medidas (SI) conocido también como sistema métrico moderno ya que es el estándar científico de pesas y medidas, al lado posterior se encuentra ubicada la opción (ES) Sistema Ingles los cuales hacen parte del programa para determinar las variables que son posible obtener por medio de la aplicación TermoPro, las incógnitas son potencia, volumen especifico, temperatura, flujo másico y trabajo, por otro lado la información que se debe ingresar sería de presión, temperatura,  $V_{Especifico}$ , flujo másico, potencia, velocidad, trabajo.

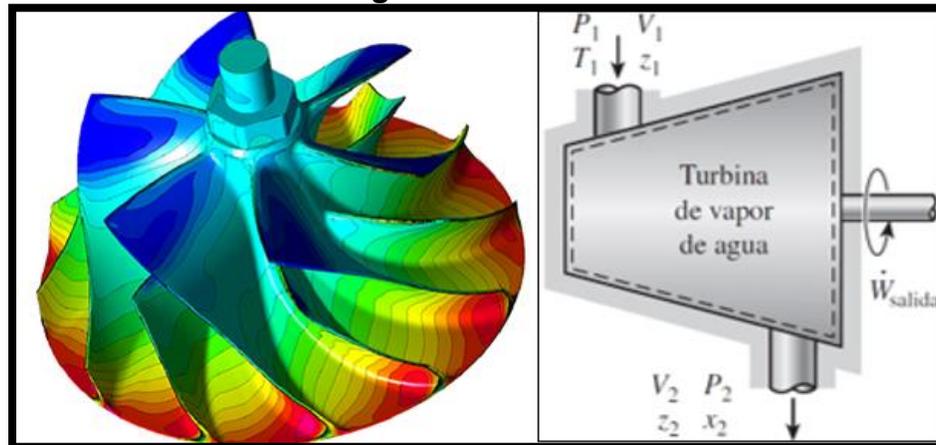
**Figura 13.** Turbinas.



Fuente: Autores

Se tomó en cuenta la estructura de las alabes de un modelo Francis como icono principal para la opción TURBINA en el software TermoPro como se observa en la Figura 13. Además, se observa el diagrama con la simbología correspondiente para una turbina de vapor de agua, siendo trabajo de salida ( $\dot{W}$ ), Presión ( $P_1$   $P_2$ ), Temperatura ( $T_1$ ), flujo volumetrico ( $V$ ), las cuales son necesarias para llevar acabo cada una de las operaciones termodinámicas al seleccionar la turbina.

**Figura 14.** Turbina.



Fuente: Autores

La Tabla 37 permite evidenciar parte de los procesos ejecutados cuando se hace uso del software Matlab, es necesario emplear múltiples códigos, uno de los cuales puede ser (% --- Executes on button) lo cual permite accionar la herramienta o aplicación que se desee al presionar a la tecla que se fue asignada.

**Tabla 37.** Código ejecución proceso de Difusor.

Descripción del código
<pre> function varargout = difusor(varargin) gui_Singleton = 1; gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...                   'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...                   'gui_OpeningFcn',  @difusor_OpeningFcn, ...                   'gui_OutputFcn',  @difusor_OutputFcn, ...                   'gui_LayoutFcn',   [] , ...                   'gui_Callback',    []); if nargin &amp;&amp; ischar(varargin{1})     gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1}); end if nargout     [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); else     gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); end handles.output = hObject; guidata(hObject, handles); axes(handles.axes1) handles.imagen=imread('5.png'); imagesc(handles.imagen) axis off axes(handles.axes2) handles.imagen=imread('log.png'); imagesc(handles.imagen)                     </pre>

```

axis off
RB1_Callback(hObject, eventdata, handles);
RB7_Callback(hObject, eventdata, handles);
global p;
p.Mydata=[];
function varargout = difusor_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
P1=str2double(get(handles.edit1,'string'));
T1=str2double(get(handles.edit2,'string'));
Ve1=str2double(get(handles.edit3,'string'));
fm=str2double(get(handles.edit4,'string'));
A1=str2double(get(handles.edit5,'string'));
V1=str2double(get(handles.edit6,'string'));
V2=str2double(get(handles.edit12,'string'));
qout=str2double(get(handles.edit13,'string'));
den=str2double(get(handles.edit14,'string'));
P2=str2double(get(handles.edit7,'string'));
T2=str2double(get(handles.edit8,'string'));
global p;
if handles.RB1.Value == 1
    M=1;
elseif handles.RB2.Value == 1
    M=2;
elseif handles.RB3.Value == 1
    M=3;
elseif handles.RB4.Value == 1
    M=4;
elseif handles.RB5.Value == 1
    M=5;
elseif handles.RB6.Value == 1
    M=6;
elseif handles.RB30.Value == 1
    M=7;
elseif handles.RB31.Value == 1
    M=8;
elseif handles.RB32.Value == 1
    M=9;
elseif handles.RB33.Value == 1
    M=10;
elseif handles.RB34.Value == 1
    M=11;
elseif handles.RB35.Value == 1
    M=12;
end
if handles.RB7.Value == 1
    R=0.287;
    switch M
    case 1%presion
        P1=R*(T1+273.15)/Ve1;%Presion, Ve1(Volumen especifico 1)
        DataA1=char("Presion Inicial");
        DataA2=P1;
        DataA3=char("Kpa");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 2%volumen especifico y propiedades
        if handles.RB20.Value == 1
            ve=R*(T1+273.15)/P1;
        else

```

```

        ve=volumen("V", T1, P1);
    end
    DataA1=char("V Espe");
    DataA2=ve;
    DataA3=char("m^3/Kg");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 3%area
    if handles.RB20.Value == 1
        ve=R*(T1+273.15)/P1;
    else
        ve=volumen("V", T1, P1);
    end
    A=fm*ve/V1;
    DataA1=char("Area");
    DataA2=A;
    DataA3=char("m^2");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 4%temperatura
    T1=T1+273.15;
    h=enthalpyair("H", T1);
    h2=h-qout-((V2^2-V1^2)/2)*(1/1000);
    To=enthalpyair("T", h2);
    DataA1=char("Temperatura");
    DataA2=To-273.15;
    DataA3=char("°C");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 5%flujo masico
    if handles.RB20.Value == 1
        ve=R*(T1+273.15)/P1;
    else
        ve=volumen("V", T1, P1);
    end
    fm=(1/ve)*V1*A1;
    DataA1=char("F. Masico");
    DataA2=fm;
    DataA3=char("kg/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 6%velocidad
    if handles.RB20.Value == 1
        ve=R*(T1+273.15)/P1;
    else
        ve=volumen("V", T1, P1);
    end
    vel=(fm*ve)/A1;
    DataA1=char("Velocidad");
    DataA2=vel;
    DataA3=char("m/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 7%densidad
    mpun=den*A1*V1;
    DataA1=char("F. Masico");
    DataA2=mpun;
    DataA3=char("kg/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 8%area densidad
    mpun=fm/(den*V1);
    DataA1=char("Area");
    DataA2=mpun;

```

```

        DataA3=char("m^2");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 9%area 2
        if handles.RB20.Value == 1
            T2=T2+273.15;
            ve=R*(T2)/P2;
        else
            ve=volumen("V", T2, P2);
        end
        a2=fm/(ve*V2);
        v2=sqrt(2000*((qout/fm)+(h2-h1))+(V1*V1));
        DataA1=char("Area");
        DataA2=a2;
        DataA3=char("m^2");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 10%velocidad 2
        h1=enthalpy("H", T1, P1);
        h2=enthalpy("H", T2, P2);
        v2=sqrt(2000*((qout/fm)+(h1-h2))+(V1*V1));
        DataA1=char("Velocidad");
        DataA2=v2;
        DataA3=char("m/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 11%flujo volumetrico
        if handles.RB20.Value == 1
            ve=R*(T1+273.15)/P1;
        else
            ve=volumen("V", T1, P1);
        end
        vol=ve*fm;
        DataA1=char("F. Volumetrico");
        DataA2=vol;
        DataA3=char("m^3/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 12%energia
        if handles.RB20.Value == 1
            h1=enthalpyair("H", T1);
            h2=enthalpyair("H", T2);
        else
            h1=enthalpy("H", T1, P1);
            h2=enthalpy("H", T2, P2);
        end
        qo=fm*(h2-h1)+(1/2000)*(V2*V2-V1*V1);
        DataA1=char("Energia Perdida");
        DataA2=qo;
        DataA3=char("Kj/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    end
else
    R=0.5956;
    switch M
    case 1%presion
        P1=R*(T1+459.67)/Vel;%Presion, Vel(Volumen especifico 1)
        DataA1=char("Presion Inicial");
        DataA2=P1;
        DataA3=char("Psi");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 2%volumen especifico y propiedades

```

```

if handles.RB20.Value == 1
    ve=R*(T1+459.67)/P1;
else
    ve=volumenes("V",T1,P1);
end
DataA1=char("V Espe");
DataA2=ve;
DataA3=char("ft^3/Kg");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 3%area
    if handles.RB20.Value == 1
        ve=R*(T1+459.67)/P1;
    else
        ve=volumenes("V",T1,P1);
    end
    A=fm*ve/V1;
    DataA1=char("Area");
    DataA2=A;
    DataA3=char("ft^2");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];

case 4%temperatura
    h=enthalpyair("H",T1);
    h2=h-qout-((V2^2-V1^2)/2)*(1/25037);
    To=enthalpyair("T",h2);
    DataA1=char("Temperatura");
    DataA2=To;
    DataA3=char("°F");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 5%flujo masico
    if handles.RB20.Value == 1
        ve=R*(T1+459.67)/P1;
    else
        ve=volumenes("V",T1,P1);
    end
    fm=(1/ve)*V1*A1;
    DataA1=char("F. Masico");
    DataA2=fm;
    DataA3=char("lb/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 6%velocidad
    if handles.RB20.Value == 1
        ve=R*(T1+459.67)/P1;
    else
        ve=volumenes("V",T1,P1);
    end
    vel=(fm*ve)/A1;
    DataA1=char("Velocidad");
    DataA2=vel;
    DataA3=char("ft/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 7%densidad
    mpun=den*A1*V1;
    DataA1=char("F. Masico");
    DataA2=mpun;
    DataA3=char("Lb/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 8%area densidad

```

```

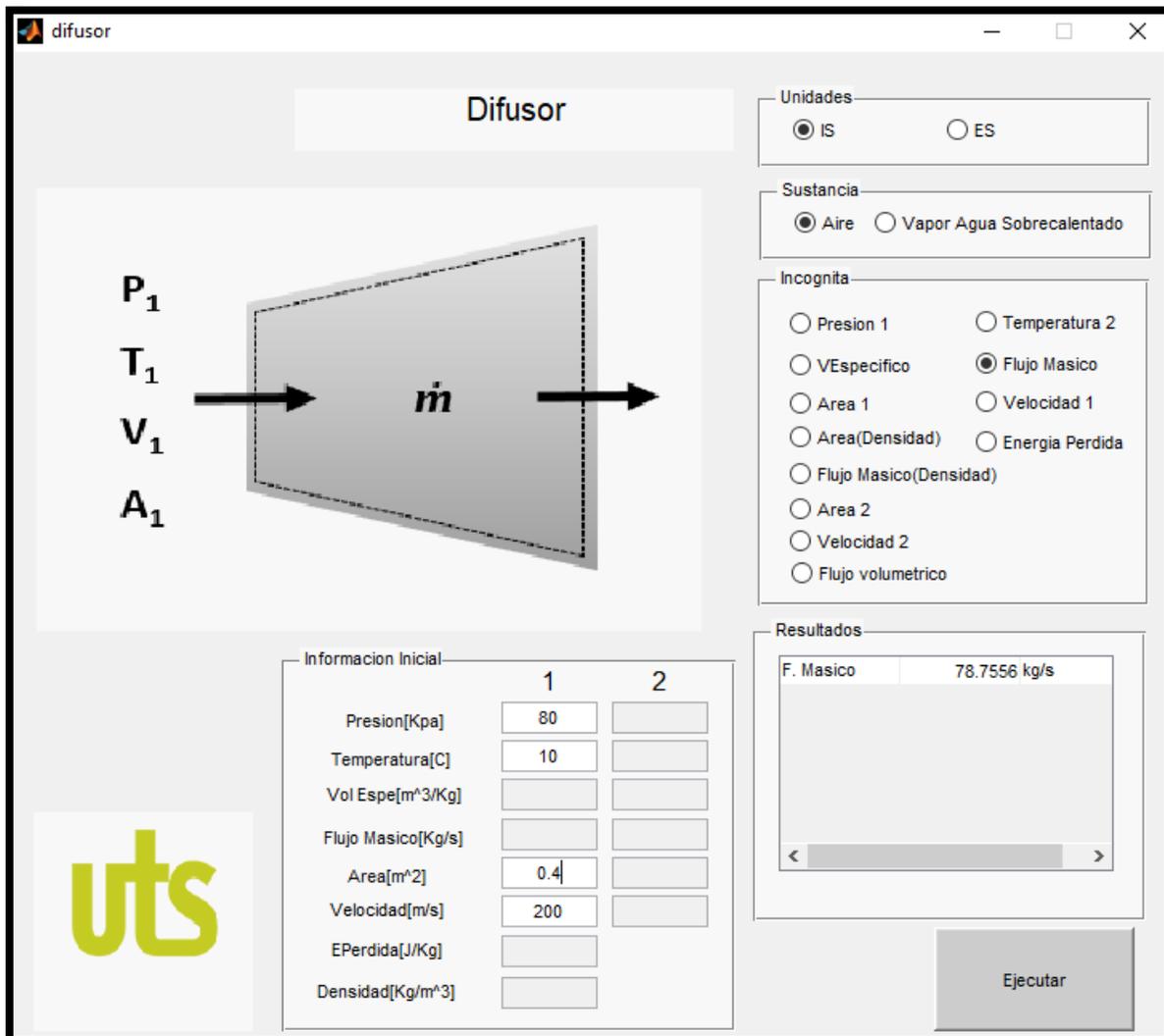
mpun=fm/(den*V1);
DataA1=char("Area");
DataA2=mpun;
DataA3=char("ft^2");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 9%area 2
if handles.RB20.Value == 1
T2=T2+459.67;
ve=R*(T2)/P2;
else
ve=volumenes("V",T2,P2);
end
a2=fm/(ve*V2);
DataA1=char("Area");
DataA2=a2;
DataA3=char("ft^2");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 10%velocidad 2
h1=enthalpyes("H",T1,P1);
h2=enthalpyes("H",T2,P2);
v2=sqrt(25037*((qout/fm)+(h1-h2))+(V1*V1));
DataA1=char("Velocidad");
DataA2=v2;
DataA3=char("ft/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 11%flujo volumetrico
if handles.RB20.Value == 1
ve=R*(T1+459.67)/P1;
else
ve=volumenes("V",T1,P1);
end
vol=ve*fm;
DataA1=char("F. Volumetrico");
DataA2=vol;
DataA3=char("ft^3/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
case 12%energia
if handles.RB20.Value == 1
h1=enthalpyair("H",T1);
h2=enthalpyair("H",T2);
h1=convener(h1,"kj/kg","btu/lb");
h2=convener(h2,"kj/kg","btu/lb");
else
h1=enthalpyes("H",T1,P1);
h2=enthalpyes("H",T2,P2);
end
qo=fm*(h2-h1)+(1/50.074)*(V2*V2-V1*V1);
DataA1=char("Energia Perdida");
DataA2=qo;
DataA3=char("Btu/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
end
end
end

```

Fuente: Autores

Como se ilustra en la Figura 14 donde se presenta la tabla o panel principal de la opción “Difusor” en la cual se podrá despejar el flujo volumétrico, volumen específico 1, flujo másico y la velocidad 2 que se presentan en el difusor. Se debe añadir la información principal que sea correspondiente según la incógnita propuesta, las cuales pueden ser: presión 1, temperatura 1, diámetro, velocidad 1, presión 2 o temperatura 2, los cuales varían dependiendo de la operación o problemática planteada.

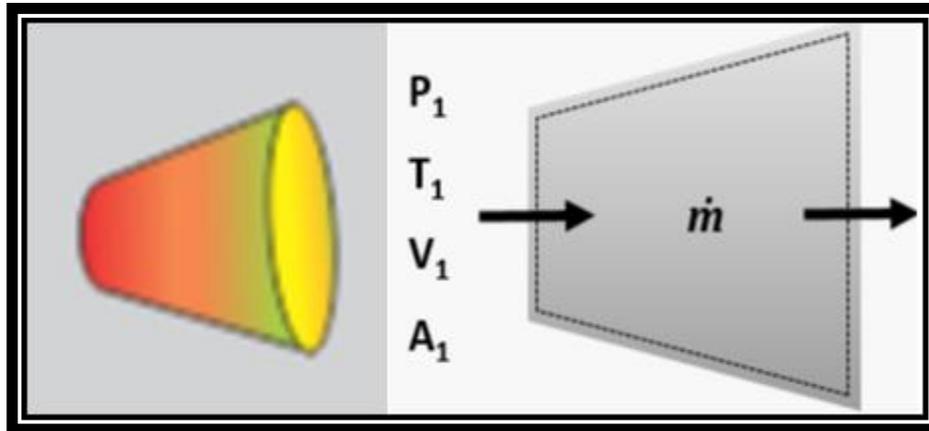
Figura 15. Difusor



Fuente: Autores

La Figura 15 deja en evidencia la ilustración seleccionada para representar la tobera. En la simbología se encuentra  $P_1$  (Presion),  $T_1$  (Temperatura),  $V_1$  (Volumen),  $A_1$  (Area), ya que son los componentes para hallar el flujo masico.

**Figura 16. Difusor.**



**Fuente:** Autores

De acuerdo con la tabla 38 para poder crear cada una de las herramientas incluidas en el software TermoPro es de caracter obligatorio hacer uso de codificaciones. (% --- Outputs from this function are returned to the command line) se encarga de que las funciones de salida se devuelvan al comando.

**Tabla 38. Código ejecución proceso del Tubos.**

Descripción del código
<pre> function varargout = tubos(varargin) gui_Singleton = 1; gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...                   'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...                   'gui_OpeningFcn', @tubos_OpeningFcn, ...                   'gui_OutputFcn',  @tubos_OutputFcn, ...                   'gui_LayoutFcn',  [], ...                   'gui_Callback',    []); if nargin &amp;&amp; ischar(varargin{1})     gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1}); end if nargin     [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); else     gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); end function tubos_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)                     </pre>

```

handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);
axes(handles.axes1)
handles.imagen=imread('tubo_img.png');
imagesc(handles.imagen)
axis off
global p;
p.Mydata=[];
RB1_Callback(hObject, eventdata, handles);
RB7_Callback(hObject, eventdata, handles);
function varargout = tubos_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
P1=str2double(get(handles.E1,'string'));
T1=str2double(get(handles.E2,'string'));
D=str2double(get(handles.E3,'string'));
Vell=str2double(get(handles.E4,'string'));
P2=str2double(get(handles.E5,'string'));
T2=str2double(get(handles.E6,'string'));
fv=str2double(get(handles.E7,'string'));
fm=str2double(get(handles.E8,'string'));
EP=str2double(get(handles.E9,'string'));
V2=str2double(get(handles.E10,'string'));
A=str2double(get(handles.E11,'string'));
global p;
if handles.RB1.Value == 1
    M=1;
elseif handles.RB2.Value == 1
    M=2;
elseif handles.RB3.Value == 1
    M=3;
elseif handles.RB4.Value == 1
    M=4;
elseif handles.RB20.Value == 1
    M=5;
elseif handles.RB21.Value == 1
    M=6;
elseif handles.RB22.Value == 1
    M=7;
elseif handles.RB23.Value == 1
    M=8;
end
if handles.RB7.Value == 1
    R=0.287;
    switch M
    case 1%flujo volumetrico
        A=pi*D*D/4;
        fvol=A*Vell;
        DataA1=char("Flujo Volumetrico");
        DataA2=fvol;
        DataA3=char("m^3/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 2%V especifico 1
        if handles.RB30.Value == 1
            voll=R*(273.15+T1)/P1;
        else
            voll=volumen("V",T1,P1);
        end
    end
end

```

```

DataA1=char("V Espe 1");
DataA2=vol1;
DataA3=char("m^3/Kg");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 3%Flujo masico vel
A=pi*D*D/4;
if handles.RB30.Value == 1
    vol1=R*(273.15+T1)/P1;
else
    vol1=volumen("V", T1, P1);
end
fvol=A*Vel1;
m=fvol/vol1;
DataA1=char("Flujo masico");
DataA2=m;
DataA3=char("Kg/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 4%velocidad 2
vol2=R*(273.15+T2)/P2;
%%%
A=pi*D*D/4;
vol1=R*(273.15+T1)/P1;
fvol=A*Vel1;
m=fvol/vol1;
%%%
fvo2=m*vol2;
vel2=fvo2/A;
DataA1=char("Velocidad");
DataA2=vel2;
DataA3=char("m/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 5%area
A=fv/Vel1;
DataA1=char("Area");
DataA2=A;
DataA3=char("m^2");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 6%diametro
dx=sqrt(4*A/pi);
DataA1=char("Diametro");
DataA2=dx;
DataA3=char("m");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 7%ep
if handles.RB30.Value == 1
    h2=enthalpyair("H", T2);
    h1=enthalpyair("H", T1);
else
    h2=enthalpy("H", T2, P2);
    h1=enthalpy("H", T1, P1);
end
qx=fm*((h2-h1)+(1/2000)*(V2^2-Vel1^2));
DataA1=char("Energia perdida");
DataA2=qx;
DataA3=char("Kj/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 8%fm
if handles.RB30.Value == 1

```

```

        h2=enthalpyair("H",T2);
        h1=enthalpyair("H",T1);
    else
        h2=enthalpy("H",T2,P2);
        h1=enthalpy("H",T1,P1);
    end
    fmx=EP/((h2-h1)+(1/2000)*(V2^2-Ve11^2));
    DataA1=char("Flujo masico");
    DataA2=fmx;
    DataA3=char("Kg/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
end
else
    R=0.5956;
    switch M
    case 1%flujo volumetrico
        A=pi*D*D/4;
        fvol=A*Ve11;
        DataA1=char("Flujo Volumetrico");
        DataA2=fvol;
        DataA3=char("ft^3/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 2%V especifico 1
        if handles.RB30.Value == 1
            vol1=R*(273.15+T1)/P1;
        else
            vol1=volumen("V",T1,P1);
        end
        DataA1=char("V Espe 1");
        DataA2=vol1;
        DataA3=char("ft^3/Kg");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 3%Flujo masico
        A=pi*D*D/4;
        if handles.RB30.Value == 1
            vol1=R*(273.15+T1)/P1;
        else
            vol1=volumen("V",T1,P1);
        end
        fvol=A*Ve11;
        m=fvol/vol1;
        DataA1=char("Flujo masico");
        DataA2=m;
        DataA3=char("lb/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 4%velocidad 2
        vol2=R*(273.15+T2)/P2;
        %%%
        A=pi*D*D/4;
        vol1=R*(273.15+T1)/P1;
        fvol=A*Ve11;
        m=fvol/vol1;
        %%%
        fvo2=m*vol2;
        vel2=fvo2/A;
        DataA1=char("Velocidad");
        DataA2=vel2;
        DataA3=char("ft/s");
    end
end

```

```

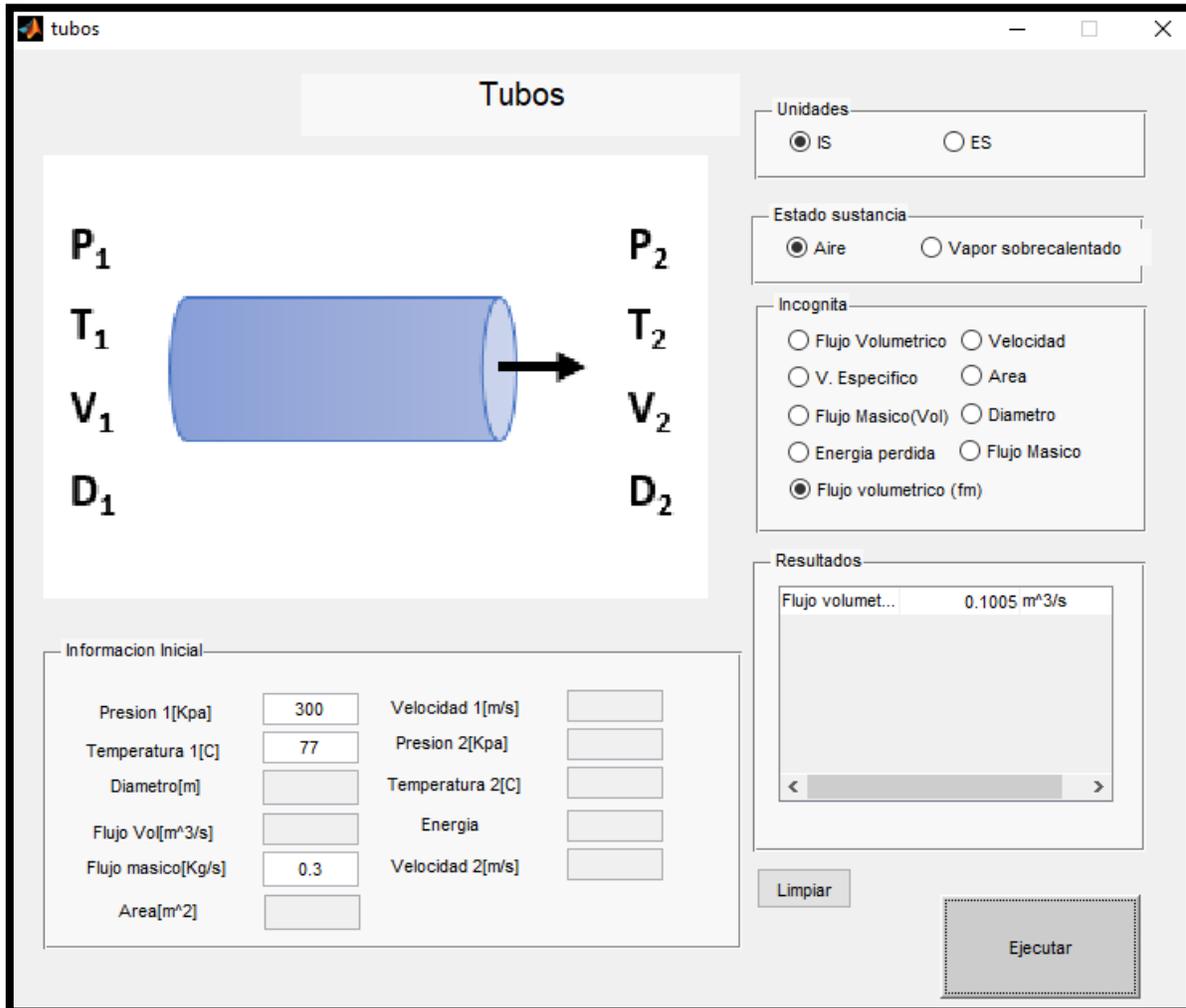
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 5%area
    A=fv/Vel1;
    DataA1=char("Area");
    DataA2=A;
    DataA3=char("ft^2");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 6%diametro
    dx=sqrt(4*A/pi);
    DataA1=char("Diametro");
    DataA2=dx;
    DataA3=char("ft");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 7%ep
    if handles.RB30.Value == 1
        T1=convtemp(T1,'F','K');
        T2=convtemp(T2,'F','K');
        h2=enthalpyair("H",T2);
        h1=enthalpyair("H",T1);
        h1=convener(h1,"kj/kg","btu/lb");
        h2=convener(h2,"kj/kg","btu/lb");
    else
        h2=enthalpyes("H",T2,P2);
        h1=enthalpyes("H",T1,P1);
    end
    qx=fm*((h2-h1)+(1/2000)*(V2^2-Vel1^2));
    DataA1=char("Energia perdida");
    DataA2=qx;
    DataA3=char("Btu/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 8%fm
    if handles.RB30.Value == 1
        T1=convtemp(T1,'F','K');
        T2=convtemp(T2,'F','K');
        h2=enthalpyair("H",T2);
        h1=enthalpyair("H",T1);
        h1=convener(h1,"kj/kg","btu/lb");
        h2=convener(h2,"kj/kg","btu/lb");
    else
        h2=enthalpyes("H",T2,P2);
        h1=enthalpyes("H",T1,P1);
    end
    fmx=EP/((h2-h1)+(1/2000)*(V2^2-Vel1^2));
    DataA1=char("Flujo masico");
    DataA2=fmx;
    DataA3=char("Lb/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
end
end
end

```

**Fuente:** Autores

En la Figura 16 se se aprecia la vista principal al seleccionar la opción tubos en el software TermoPro, en la cual se solicita la información inicial la temperatura de salida, temperatura de entrada, energía perdida y el flujo másico para poder realizar el procedimiento que despejará las incógnitas que se plantean en el caso.

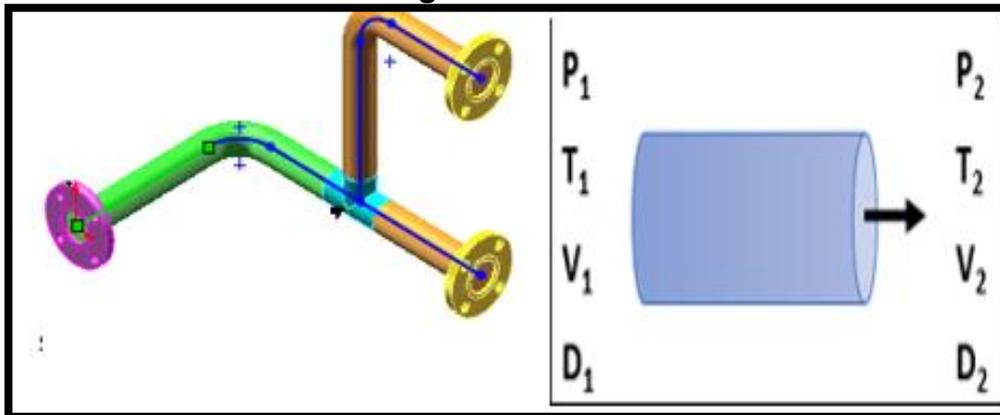
Figura 17. Tubos



Fuente: Autores

Como se puede evidenciar en la Figura 37 (Tubo) consta de distintos colores llamativos con la intención de hacer notorias las diferentes secciones que componen el objeto, además la simbología correspondiente y necesaria para el tubo como lo es  $P_1$   $P_2$  (Presión),  $T_1$   $T_2$  (Temperatura),  $V_1$   $V_2$  (Velocidad) y  $D_1$   $D_2$  (Diámetro).

**Figura 18. Tubo.**



Fuente: Autores

La Tabla 39 deja en evidencia cada uno de los códigos y comandos utilizados en el lenguaje de programación Matlab, se realizó el proceso de creación de la herramienta “Compresor” en el Software TermoPro. Cada uno es de gran importancia para que se pueda llevar acabo cada uno de los procedimientos estipulados.

**Tabla 39. Compresor.**

Descripción del código
<pre> function varargout = compresor(varargin) gui_Singleton = 1; gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...                   'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...                   'gui_OpeningFcn', @compresor_OpeningFcn, ...                   'gui_OutputFcn',  @compresor_OutputFcn, ...                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...                   'gui_Callback',    []); if nargin &amp;&amp; ischar(varargin{1})     gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1}); end if nargout     [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); else     gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); end function compresor_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin) handles.output = hObject; guidata(hObject, handles); axes(handles.axes1) handles.imagen=imread('compr.png'); imagesc(handles.imagen) axis off RB1_Callback(hObject, eventdata, handles); RB7_Callback(hObject, eventdata, handles); global p;                     </pre>

```

p.Mydata=[];
function varargout = compresor_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
T1=str2double(get(handles.E1,'string'));
T2=str2double(get(handles.E2,'string'));
Elose=str2double(get(handles.E3,'string'));
fm=str2double(get(handles.E4,'string'));
qout=str2double(get(handles.E7,'string'));
V1=str2double(get(handles.E5,'string'));
V2=str2double(get(handles.E6,'string'));
win=str2double(get(handles.E8,'string'));
fv=str2double(get(handles.E9,'string'));
P1=str2double(get(handles.E10,'string'));
global p;
if handles.RB1.Value == 1
    M=1;
elseif handles.RB2.Value == 1
    M=2;
elseif handles.RB3.Value == 1
    M=3;
elseif handles.RB20.Value == 1
    M=4;
elseif handles.RB21.Value == 1
    M=5;
elseif handles.RB22.Value == 1
    M=6;
elseif handles.RB23.Value == 1
    M=7;
elseif handles.RB24.Value == 1
    M=8;
end
if handles.RB7.Value == 1
    switch M
    case 1%temperatura entrada
        T1=T1+273.15;
        h=enthalpyair("H",T1);
        DataA1=char("Entalpia entrada");
        DataA2=h;
        DataA3=char("Kj/Kg");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 2%temperatura salida
        T2=T2+273.15;
        h=enthalpyair("H",T2);
        DataA1=char("Entalpia salida");
        DataA2=h;
        DataA3=char("Kj/Kg");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 3%potencia
        T1=T1+273.15;
        h1=enthalpyair("H",T1);
        T2=T2+273.15;
        h2=enthalpyair("H",T2);
        W=fm*Elose+fm*(h2-h1);
        DataA1=char("Potencia de entrada");
        DataA2=W;
        DataA3=char("W");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    
```

```

case 4%trabajo
    h1=enthalpyair("H",T1);
    h2=enthalpyair("H",T2);
    wt=-qout-(h2-h1)+(1/2000)*(V2*V2-V1*V1);
    DataA1=char("Trabajo");
    DataA2=wt;
    DataA3=char("Kj/Kg");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 5%energia perdida
    h1=enthalpyair("H",T1);
    h2=enthalpyair("H",T2);
    qo=win+fm*(h2-h1)+(1/2000)*(V2*V2-V1*V1);
    DataA1=char("Energia Perdida");
    DataA2=qo;
    DataA3=char("Kj/Kg");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 6%fm potencia
    fl=qout/win;
    DataA1=char("F. Masico Potencia");
    DataA2=fl;
    DataA3=char("Kg/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 7%fv
    fx=fm*(0.287*(T1+273.15))/P1;
    DataA1=char("F. Volumetrico");
    DataA2=fx;
    DataA3=char("m^3/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 8%fm fv
    fl=P1*fv/(0.287*(T1+273.15));
    DataA1=char("F. Masico F. Vol");
    DataA2=fl;
    DataA3=char("Kg/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
end
else
    switch M
case 1%temperatura entrada
    T1=convtemp(T1,'F','K');
    h=enthalpyair("H",T1);
    hx=convener(h,"kj/kg","btu/lb");
    DataA1=char("Hentalpia entrada");
    DataA2=hx;
    DataA3=char("Btu/lb");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 2%temperatura salida
    T2=convtemp(T2,'F','K');
    h=enthalpyair("H",T2);
    hx=convener(h,"kj/kg","btu/lb");
    DataA1=char("Hentapia salida");
    DataA2=hx;
    DataA3=char("Btu/lb");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 3%potencia
    T1=convtemp(T1,'F','K');
    h1=enthalpyair("H",T1);
    h1x=convener(h1,"kj/kg","btu/lb");
    T2=convtemp(T2,'F','K');

```

```

h2=enthalpyair("H", T2);
h2x=convener(h2, "kj/kg", "btu/lb");
W=fm*Elose+fm*(h2x-h1x);
DataA1=char("Potencia de entrada");
DataA2=W;
DataA3=char("Btu/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 4%trabajo
h1=enthalpyair("H", T1);
h2=enthalpyair("H", T2);
h1=convener(h1, "kj/kg", "btu/lb");
h2=convener(h2, "kj/kg", "btu/lb");
wt=-qout-(h2-h1)+(1/50.074)*(V2*V2-V1*V1);
DataA1=char("Trabajo");
DataA2=wt;
DataA3=char("btu/lbm");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 5%energia perdida
h1=enthalpyair("H", T1);
h2=enthalpyair("H", T2);
h1=convener(h1, "kj/kg", "btu/lb");
h2=convener(h2, "kj/kg", "btu/lb");
qo=win+fm*(h2-h1)+(1/50.074)*(V2*V2-V1*V1);
DataA1=char("Energia Perdida");
DataA2=qo;
DataA3=char("btu/lbm");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 6%fm potencia
fl=qout/win;
DataA1=char("F. Masico Potencia");
DataA2=fl;
DataA3=char("lbm/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 7%fv
fx=fm*(0.068548*(T1))/P1;
DataA1=char("F. Volumetrico");
DataA2=fx;
DataA3=char("ft^3/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 8%fm fv
fl=P1*fv/(0.068548*(T1));
DataA1=char("F. Masico F. Vol");
DataA2=fl;
DataA3=char("lbm/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
end

```

end

**Fuente:** Autores

Como se ilustra en la Figura 18 el compresor el cual se puede determinar si se solicita el sistema de medida internacional (SI) o el sistema medida inglés (SE) en dado caso o independientemente de los gustos personales correspondiendo de la persona que lo manipule, se abren unas incógnitas de selección las cuales son H entrada, H (Entalpia) salida, W (potencia entrada) y a su vez exige unos valores de

información inicial que sería de T (temperatura) entrada y de salida, energía perdida y por ultimo flujo másico para así lograr determinar los valores que se requieren.

Figura 19. Compresor

**Unidades**

IS  ES

**Incognita**

H entrada  Trabajo  
 H salida  Energia Perdida  
 Potencia entrada  F. Masico (Potencia)  
 Flujo Volumetrico  F. Masico (F.Vol)

**Resultados**

Potencia de ... 2.7367 kW

**Información Inicial**

Temperatura 1[C]	6.85	EPerdida[Kj/Kg]	16
Temperatura 2[C]	126.85	Flujo Masico[Kg/s]	0.02
Velocidad 1[m/s]		Velocidad 2[m/s]	
Calor[Kj/Kg]		Trabajo[Kj/Kg]	
F. Volumetrico[m <sup>3</sup> /s]		Presion[Kpa]	

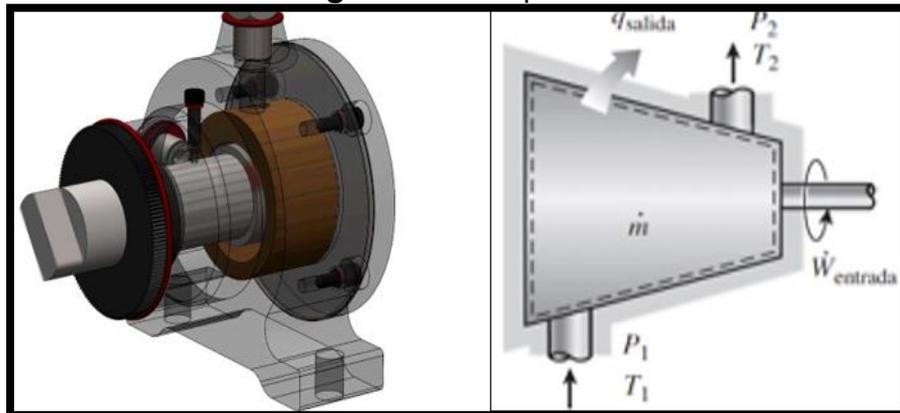
Limpiar

Condiciones Ejecutar

Fuente: Autores

Como se logra evidenciar en la Figura 19 el compresor cuenta con entrada y salida de aire  $P_1$ ,  $T_1$  (presión y temperatura) y  $Q$  (energía),  $W'$  (potencia) las cuales conforman los diferentes valores que requiere el programa a la hora de iniciar el proceso

**Figura 20. Compresor.**



Fuente: Autores

Como se puede evidenciar en la Tabla 40 el orden de cada uno de los elementos es de gran importancia ya que de lo contrario la ejecución será imposible o generará múltiples errores. En el intercambiador de calor fue necesario hacer uso de múltiples códigos y comandos utilizados anteriormente en las otras herramientas.

**Tabla 40. Intercambiador de calor**

Descripción del código
<pre> function varargout = intercambiador(varargin) gui_Singleton = 1; gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...                   'gui_OpeningFcn', @intercambiador_OpeningFcn, ...                   'gui_OutputFcn',  @intercambiador_OutputFcn, ...                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...                   'gui_Callback',   []); if nargin &amp;&amp; ischar(varargin{1})     gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1}); end if nargin     [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); else     gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); end function intercambiador_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin) handles.output = hObject; guidata(hObject, handles); axes(handles.axes1) handles.imagen=imread('intercambiador.png'); imagesc(handles.imagen) axis off global p;                     </pre>

```

p.Mydata=[];
RB1_Callback(hObject, eventdata, handles);
function varargout = intercambiador_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
fma=str2double(get(handles.E1,'string'));
fmb=str2double(get(handles.E2,'string'));
fv=str2double(get(handles.E3,'string'));
p1=str2double(get(handles.E4,'string'));
cal=str2double(get(handles.E5,'string'));
t1=str2double(get(handles.E6,'string'));
t2=str2double(get(handles.E7,'string'));
t3=str2double(get(handles.E8,'string'));
t4=str2double(get(handles.E9,'string'));
cal=cal/100;
global p; if handles.RB1.Value == 1
    M=1;
elseif handles.RB2.Value == 1
    M=2;
elseif handles.RB3.Value == 1
    M=3;
    elseif handles.RB4.Value == 1
    M=4;
    elseif handles.RB5.Value == 1
    M=5;
end
if handles.RB10.Value == 1
    A1=1;
elseif handles.RB11.Value == 1
    A1=2;
elseif handles.RB12.Value == 1
    A1=3;
elseif handles.RB13.Value == 1
    A1=4;
end
if handles.RB20.Value == 1
    A2=1;
elseif handles.RB21.Value == 1
    A2=2;
elseif handles.RB22.Value == 1
    A2=3;
elseif handles.RB23.Value == 1
    A2=4;
end
if handles.RB30.Value == 1
    B3=1;
elseif handles.RB31.Value == 1
    B3=2;
elseif handles.RB32.Value == 1
    B3=3;
elseif handles.RB33.Value == 1
    B3=4;
end
if handles.RB40.Value == 1
    B4=1;
elseif handles.RB41.Value == 1
    B4=2;
elseif handles.RB42.Value == 1

```

```

B4=3;
elseif handles.RB43.Value == 1
    B4=4;
endif handles.RB7.Value == 1
    switch M
        case 1%Energia transferida
            switch A1
                case 1%
                    h1=TableTermo("T","Hg",t1,"SI");
                case 2%
                    ha=TableTermo("T","Hf",t1,"SI");
                    hb=TableTermo("T","Hfg",t1,"SI");
                    h1=ha+cal*hb;
                case 3%
                    h1=TableTermo("T","Hf",t1,"SI");
                case 4%
                    t1=t1+273.15;
                    h1=enthalpyair("H",t1);
            end
            switch A2
                case 1%
                    h2=TableTermo("T","Hg",t2,"SI");
                case 2%
                    ha=TableTermo("T","Hf",t2,"SI");
                    hb=TableTermo("T","Hfg",t2,"SI");
                    h2=ha+cal*hb;
                case 3%
                    h2=TableTermo("T","Hf",t2,"SI");
                case 4%
                    t2=t2+273.15;
                    h2=enthalpyair("H",t2);
            end
            qx=fm*(h2-h1);
            Etra=den_air*cp_air*(T_airin-T_airout)*fv;
            DataA1=char("Energia Transferida");
            DataA2=qx;
            DataA3=char("Kj");
            p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
        case 2%
            switch A1
                case 1%
                    h1=TableTermo("T","Hg",t1,"SI");
                case 2%
                    ha=TableTermo("T","Hf",t1,"SI");
                    hb=TableTermo("T","Hfg",t1,"SI");
                    h1=ha+cal*hb;
                case 3%
                    h1=TableTermo("T","Hf",t1,"SI");
                case 4%
                    t1=t1+273.15;
                    h1=enthalpyair("H",t1);
            end
            switch A2
                case 1%
                    h2=TableTermo("T","Hg",t2,"SI");
                case 2%
                    ha=TableTermo("T","Hf",t2,"SI");
                    hb=TableTermo("T","Hfg",t2,"SI");
            end
    
```

```

        h2=ha+cal*hb;
        case 3%
        h2=TableTermo("T", "Hf", t2, "SI");
        case 4%
        t2=t2+273.15;
        h2=enthalpyair("H", t2);
    end
    switch B3
    case 1%
        h3=TableTermo("T", "Hg", t3, "SI");
    case 2%
        ha=TableTermo("T", "Hf", t3, "SI");
        hb=TableTermo("T", "Hfg", t3, "SI");
        h3=ha+cal*hb;
    case 3%
        h3=TableTermo("T", "Hf", t3, "SI");
    case 4%
        t3=t3+273.15;
        h3=enthalpyair("H", t3);
    end
    h4=-((fma*(h2-h1)/fmb)-h3);
    switch B4
    case 1%
        t4x=TableTermo("Hg", "", h4, "SI");
    case 2%
    case 3%
        t4x=TableTermo("Hf", "", h4, "SI");
    case 4
        t4x=enthalpyair("H", h4);
    end
    DataA1=char("Temperatura Agua final");
    DataA2=t4x;
    DataA3=char("°C");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 3%temperatura final
    switch A1
    case 1%
        h1=TableTermo("T", "Hg", t1, "SI");
    case 2%
        ha=TableTermo("T", "Hf", t1, "SI");
        hb=TableTermo("T", "Hfg", t1, "SI");
        h1=ha+cal*hb;
    case 3%
        h1=TableTermo("T", "Hf", t1, "SI");
    case 4%
        t1=t1+273.15;
        h1=enthalpyair("H", t1);
    end
    switch A2
        case 1%
            h2=TableTermo("T", "Hg", t2, "SI");
        case 2%
            ha=TableTermo("T", "Hf", t2, "SI");
            hb=TableTermo("T", "Hfg", t2, "SI");
            h2=ha+cal*hb;
        case 3%
            h2=TableTermo("T", "Hf", t2, "SI");
        case 4%

```

```

        t2=t2+273.15;
        h2=enthalpyair("H",t2);
    end
    switch B3
    case 1%
        h3=TableTermo("T","Hg",t3,"SI");
    case 2%
        ha=TableTermo("T","Hf",t3,"SI");
        hb=TableTermo("T","Hfg",t3,"SI");
        h3=ha+cal*hb;
    case 3%
        h3=TableTermo("T","Hf",t3,"SI");
    case 4%
        t3=t3+273.15;
        h3=enthalpyair("H",t3);
    end
    switch B4
    case 1%
        h4=TableTermo("T","Hg",t4,"SI");
    case 2%
        ha=TableTermo("T","Hf",t4,"SI");
        hb=TableTermo("T","Hfg",t4,"SI");
        h4=ha+cal*hb;
    case 3%
        h4=TableTermo("T","Hf",t4,"SI");
    case 4%
        t4=t4+273.15;
        h4=enthalpyair("H",t4);
    end
    fmb=fma*(h2-h1)/(h3-h4);
    DataA1=char("Flujo masico B");
    DataA2=fmb;
    DataA3=char("Kg/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 4%temperatura final
    switch A1
    case 1%
        v1=TableTermo("T","Vg",t1,"SI");
    case 2%
        va=TableTermo("T","Vf",t1,"SI");
        vb=TableTermo("T","Vg",t1,"SI");
        vfg= vb-va;
        v1=va+cal*vfg;
    case 3%
        v1=TableTermo("T","Vf",t1,"SI");
    case 4%
        t1=t1+273.15;
        v1=0.287*t1/p1;
    end
    fmb=fv/v1;
    DataA1=char("Flujo masico (fVol)");
    DataA2=fmb;
    DataA3=char("Kg/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 5%temperatura final
    switch A1
    case 1%
        v1=TableTermo("T","Vg",t1,"SI");

```

```

case 2%
    va=TableTermo("T","Vf",t1,"SI");
    vb=TableTermo("T","Vg",t1,"SI");
    vfg= vb-va;
    v1=va+cal*vfg;
case 3%
    v1=TableTermo("T","Vf",t1,"SI");
case 4%
    t1=t1+273.15;
    v1=0.287*t1/p1;
end
fmb=fma*v1;
DataA1=char("Flujo volumetrico (fVol)");
DataA2=fmb;
DataA3=char("m^3/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
end
else
    switch M
case 1%Energia transferida
    switch A1
case 1%
    h1=TableTermo("T","Hg",t1,"SE");
case 2%
    ha=TableTermo("T","Hf",t1,"SE");
    hb=TableTermo("T","Hfg",t1,"SE");
    h1=ha+cal*hb;
case 3%
    h1=TableTermo("T","Hf",t1,"SE");
case 4%
    t1=convtemp(t1,'F','K');
    h1=enthalpyair("H",t1);
    h1=convener(h1,"kj/kg","btu/lb");
end
    switch A2
case 1%
    h2=TableTermo("T","Hg",t2,"SE");
case 2%
    ha=TableTermo("T","Hf",t2,"SE");
    hb=TableTermo("T","Hfg",t2,"SE");
    h2=ha+cal*hb;
case 3%
    h2=TableTermo("T","Hf",t2,"SE");
case 4%
    t2=convtemp(t2,'F','K');
    h2=enthalpyair("H",t2);
    h2=convener(h2,"kj/kg","btu/lb");
end
    qx=fma*(h2-h1);
    Etra=den_air*cp_air*(T_airin-T_airout)*fv;
DataA1=char("Energia Transferida");
DataA2=qx;
DataA3=char("Btu");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 2%temperatura final
    switch A1
case 1%
    h1=TableTermo("T","Hg",t1,"SE");

```

```

case 2%
    ha=TableTermo("T","Hf",t1,"SE");
    hb=TableTermo("T","Hfg",t1,"SE");
    h1=ha+cal*hb;
case 3%
    h1=TableTermo("T","Hf",t1,"SE");
case 4%
    t1=convtemp(t1,'F','K');
    h1=enthalpyair("H",t1);
    h1=convener(h1,"kj/kg","btu/lb");
end
switch A2
    case 1%
        h2=TableTermo("T","Hg",t2,"SE");
    case 2%
        ha=TableTermo("T","Hf",t2,"SE");
        hb=TableTermo("T","Hfg",t2,"SE");
        h2=ha+cal*hb;
    case 3%
        h2=TableTermo("T","Hf",t2,"SE");
    case 4%
        t2=convtemp(t2,'F','K');
        h2=enthalpyair("H",t2);
        h2=convener(h2,"kj/kg","btu/lb");
end
switch B3
case 1%
    h3=TableTermo("T","Hg",t3,"SE");
case 2%
    ha=TableTermo("T","Hf",t3,"SE");
    hb=TableTermo("T","Hfg",t3,"SE");
    h3=ha+cal*hb;
case 3%
    h3=TableTermo("T","Hf",t3,"SE");
case 4%
    t3=convtemp(t3,'F','K');
    h3=enthalpyair("H",t3);
    h3=convener(h3,"kj/kg","btu/lb");
end
h4=-((fma*(h2-h1)/fmb)-h3);
switch B4
case 1%
    t4x=TableTermo("Hg","",h4,"SE");
case 2%    case 3%
    t4x=TableTermo("Hf","",h4,"SE");
case 4%
h4=convener(h4,"btu/lb","kj/kg");
    t4x=enthalpyair("H",h4);
    t4x=convtemp(t4x,'K','F');
end
DataA1=char("Temperatura Agua final");
DataA2=t4x;
DataA3=char("°F");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 3%temperatura final
    switch A1
    case 1%
        h1=TableTermo("T","Hg",t1,"SE");

```

```

case 2%
    ha=TableTermo("T","Hf",t1,"SE");
    hb=TableTermo("T","Hfg",t1,"SE");
    h1=ha+cal*hb;
case 3%
    h1=TableTermo("T","Hf",t1,"SE");
case 4%
    t1=convtemp(t1,'F','K');
    h1=enthalpyair("H",t1);
    h1=convener(h1,"kj/kg","btu/lb");
end
switch A2
    case 1%
        h2=TableTermo("T","Hg",t2,"SE");
    case 2%
        ha=TableTermo("T","Hf",t2,"SE");
        hb=TableTermo("T","Hfg",t2,"SE");
        h2=ha+cal*hb;
    case 3%
        h2=TableTermo("T","Hf",t2,"SE");
    case 4%
        t2=convtemp(t2,'F','K');
        h2=enthalpyair("H",t2);
        h2=convener(h2,"kj/kg","btu/lb");
end
switch B3
case 1%
    h3=TableTermo("T","Hg",t3,"SE");
case 2%
    ha=TableTermo("T","Hf",t3,"SE");
    hb=TableTermo("T","Hfg",t3,"SE");
    h3=ha+cal*hb;
case 3%
    h3=TableTermo("T","Hf",t3,"SE");
case 4%
    t3=convtemp(t3,'F','K');
    h3=enthalpyair("H",t3);
    h3=convener(h3,"kj/kg","btu/lb");
end
switch B4
    case 1%
        h4=TableTermo("T","Hg",t4,"SE");
    case 2%
        ha=TableTermo("T","Hf",t4,"SE");
        hb=TableTermo("T","Hfg",t4,"SE");
        h4=ha+cal*hb;
    case 3%
        h4=TableTermo("T","Hf",t4,"SE");
    case 4%
        t4=convtemp(t4,'F','K');
        h4=enthalpyair("H",t4);
        h4=convener(h4,"kj/kg","btu/lb");
end
    fmb=fma*(h2-h1)/(h3-h4);
    DataA1=char("Flujo masico B");
    DataA2=fmb;
    DataA3=char("lb/s");
    p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];

```

```

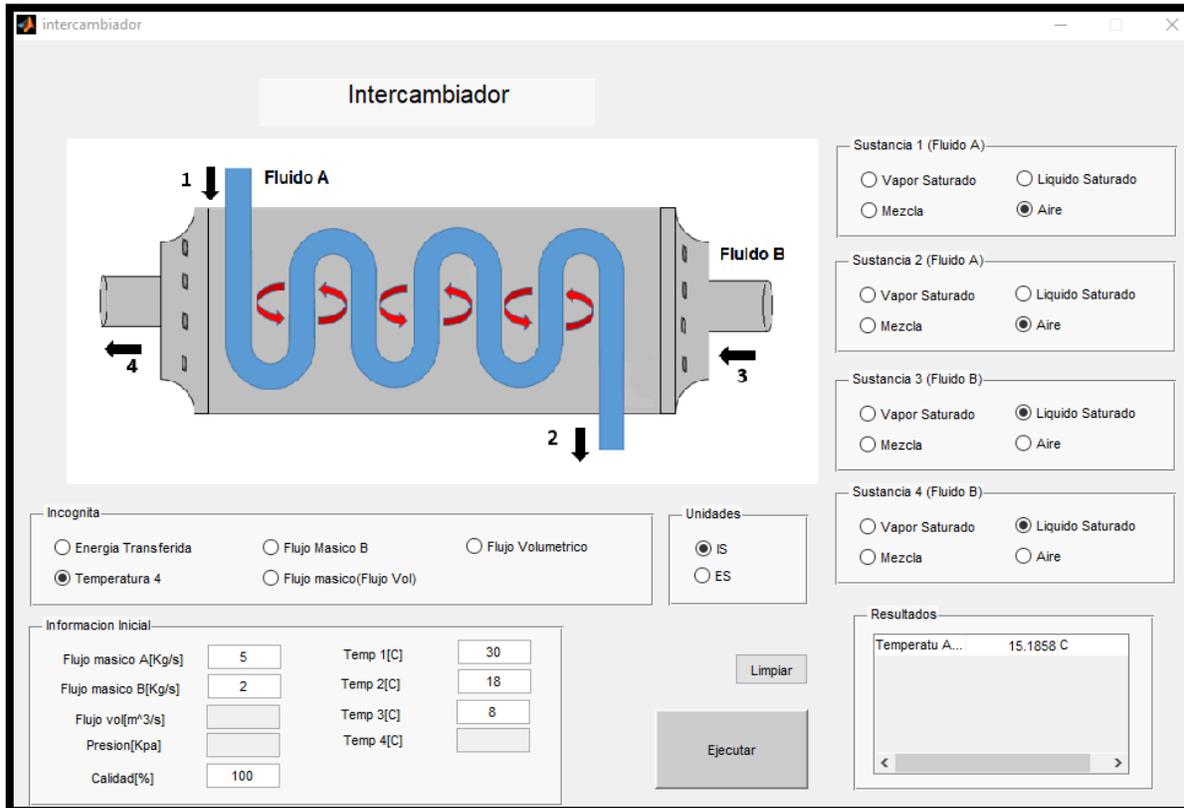
case 4%temperatura final
    switch A1
    case 1%
        v1=TableTermo("T", "Vg", t1, "SE");
    case 2%
        va=TableTermo("T", "Vf", t1, "SE");
        vb=TableTermo("T", "Vg", t1, "SE");
        vfg= vb-va;
        v1=va+cal*vfg;
    case 3%
        v1=TableTermo("T", "Vf", t1, "SE");
    case 4%
        v1=0.068548*t1/p1;
        end
        fmb=fv/v1;
        DataA1=char("Flujo masico (fVol)");
        DataA2=fmb;
        DataA3=char("lb/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 5%temperatura final
    switch A1
    case 1%
        v1=TableTermo("T", "Vg", t1, "SE");
    case 2%
        va=TableTermo("T", "Vf", t1, "SE");
        vb=TableTermo("T", "Vg", t1, "SE");
        vfg= vb-va;
        v1=va+cal*vfg;
    case 3%
        v1=TableTermo("T", "Vf", t1, "SE");
    case 4
        v1=0.068548*t1/p1;
        end
        fmb=fma*v1;
        DataA1=char("Flujo volumetrico (fVol)");
        DataA2=fmb;
        DataA3=char("ft^3/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
        end
end

```

**Fuente:** Autores

Como se observa en la figura 20 se visualiza la plantilla del intercambiador de calor la cual consta del diagrama principal, alrededor de la figura central se observa la siguiente tabla que permitirá despejar las incógnitas las cuales son energía transferida y temperatura final y en unidades se encuentra (IS) sistema internacional y (ES) sistema inglés como también se encuentran para llenar la información inicial que consta de flujo másico de agua, flujo volumétrico aire, temperatura in agua, T in aire, y T uot aire los cuales servirán para determinar la variable requerida.

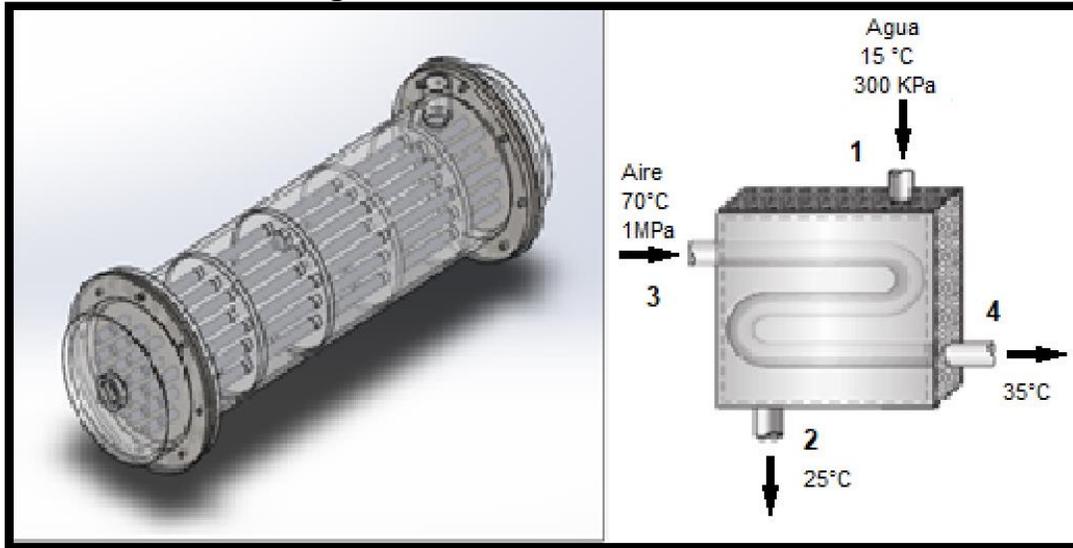
**Figura 21. Intercambiador de calor**



Fuente: Autores

La Figura 21 permite evidenciar un intercambiador de calor, el fluido o gas ingresa con una temperatura inicial de 70°C y la presión es de 1 MPa, al aplicar el líquido refrigerante (agua) que posee 15°C y 300 KPa de presión disminuye notoriamente a un total de 35°C, como consecuencia el líquido refrigerante aumenta la temperatura, por lo que es notorio el alivio y aumento de temperatura.

**Figura 22.** Intercambiador de calor



Fuente: Autores

### 3.2.1. Comparación cálculo matemático con variables arrojadas por el software Matlab.

#### 3.2.1.1 Solución problemas matemáticos

#### Toberas y difusores

Una tobera es un dispositivo que convierte la energía térmica y de presión de un fluido (conocida como entalpía) en energía cinética. Las toberas y los difusores se utilizan generalmente en motores de propulsión por reacción, cohetes, vehículos espaciales e incluso en mangueras de jardín

Una tobera es un dispositivo que incrementa la velocidad de un fluido a expensas de la presión. Un difusor es un dispositivo que incrementa la presión de un fluido al desacelerarlo. Es decir, las toberas y los difusores llevan a cabo tareas o puestas.

La tasa de transferencia de calor entre el fluido que fluye por una tobera o un difusor y los alrededores es comúnmente muy pequeña ( $Q \cong 0$ ) ya que el fluido

tiene velocidades altas y por lo tanto no se mantiene suficiente tiempo en el dispositivo como para que ocurra alguna transferencia de calor importante.

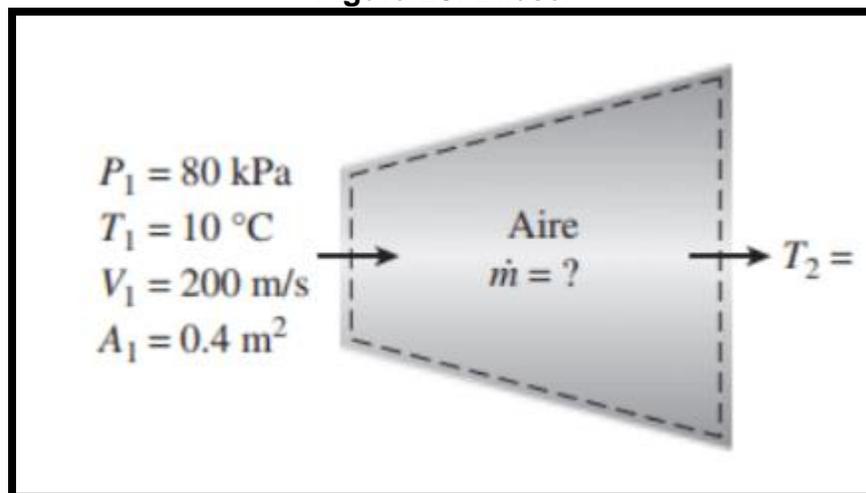
Las toberas y difusores por lo común no implican trabajo ( $W = 0$ ) y cualquier cambio de energía potencial es insignificante ( $\Delta ep \cong 0$ ). Pero las toberas y los difusores normalmente están relacionados con velocidades muy altas, entonces cuando un fluido pasa por alguno de dichos dispositivos experimenta grandes cambios en su velocidad. Por lo tanto, se deben tomar en cuenta los cambios de energía cinética al analizar el flujo en los dispositivos ( $\Delta ec \neq 0$ ).

### Ejercicio de difusor

Según la figura 22 el difusor de un motor de propulsión entra en régimen estacionario aire a  $10^\circ\text{C}$  y  $80\text{ kPa}$ , con una velocidad de  $200\text{ m/s}$ . El área de entrada al difusor es  $0.4\text{ m}^2$ . El aire sale del difusor con una velocidad que es muy pequeña comparada con la velocidad de entrada. Determinar

- El flujo másico del aire
- La temperatura del aire que sale del difusor.

Figura 23. Difusor



Fuente: Cengel & Boles (2009)

## Suposiciones

1. Es un proceso de flujo estacionario porque no hay cambio con el tiempo en ningún punto, por lo tanto  $\Delta mVC = 0$  y  $\Delta EVC = 0$ .
2. El aire es un gas ideal puesto que se encuentra a temperatura alta y presión baja con respecto a los valores de punto crítico.
3. El cambio de energía potencial es cero,  $\Delta ep = 0$ .
4. La transferencia de calor es insignificante.
5. La energía cinética en la salida del difusor es insignificante.
6. No hay interacciones de trabajo.

Para determinar el flujo másico, primero es necesario hallar el volumen específico del aire. Se determina a partir de la relación de gas ideal en las condiciones de entrada:

$$V_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{(0.287 \text{KPa} \cdot \text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{K})}{80 \text{KPa}} = 1.015 \text{m}^3/\text{kg}$$

Por lo tanto

$$\dot{m} = \frac{1}{V_1} V_1 A_1 = \frac{1}{1.015 \text{m}^3/\text{kg}} \left( \frac{200 \text{m}}{\text{s}} \right) (0.4 \text{m}^2) = 78.8 \text{kg/s}$$

Dado que el flujo es estacionario, el flujo másico a través del difusor permanece constante en dicho valor.

Bajo las suposiciones y observaciones expresadas, el balance de energía para el sistema de flujo estacionario se puede expresar en la forma de tasa como.

$$\dot{E}_{\text{entrada}} - \dot{E}_{\text{salida}} = dE_{\text{sistema}}/dt = 0$$

$$\dot{E}_{entrada} = \dot{E}_{salida}$$

$$\dot{m} \left( h_1 + \frac{V_1^2}{2} \right) = \dot{m} \left( h_2 + \frac{V_2^2}{2} \right) \quad (\text{puesto que } \dot{Q} \cong 0, W = 0, \Delta ep \cong 0)$$

$$h_2 = h_1 - \frac{V_2^2 - V_1^2}{2}$$

La velocidad de salida de un difusor comúnmente es pequeña comparada con la velocidad de entrada ( $V_2 \ll V_1$ ); por lo tanto, la energía cinética en la salida es insignificante. La entalpía del aire en la entrada del difusor se determina a partir de la tabla del aire como

$$h_1 = h_{a283k} = 283.17 \text{ kJ/kg}$$

Sustituyendo, se obtiene

$$\begin{aligned} h_2 &= \frac{283.14 \text{ kJ}}{\text{kg}} - \frac{0 - (200 \text{ m/s})^2}{2} \left( \frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) \\ &= 303.14 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

La temperatura correspondiente al valor de entalpia es:

$$T_2 = 303 \text{ K}$$

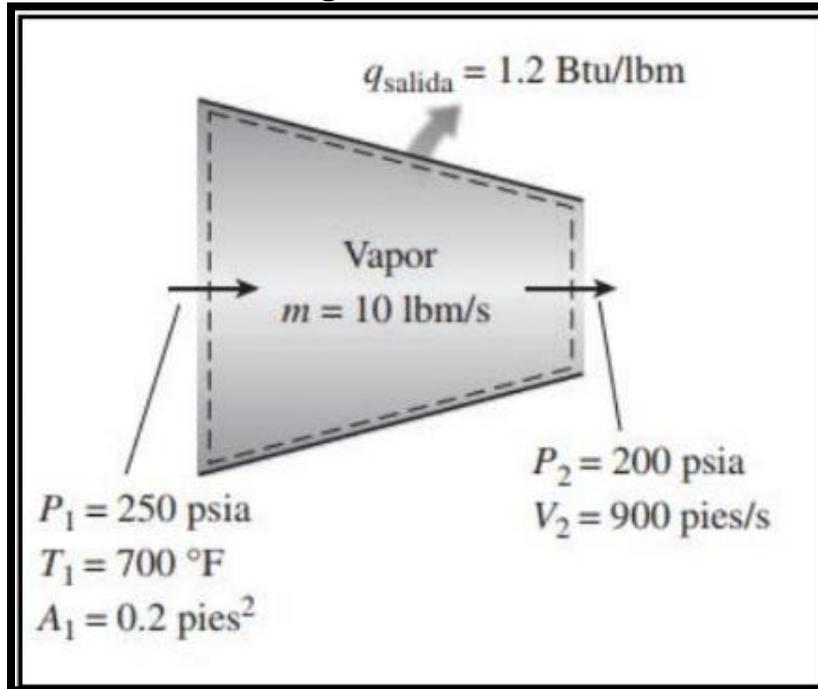
El resultado muestra que la temperatura del aire se incrementa en cerca de 20 °C a medida que el fluido se desacelera en el difusor. El aumento de temperatura se debe sobre todo a la conversión de energía cinética en energía interna.

### Ejercicio de una tobera

A una tobera cuya área de entrada es 0.2 ft<sup>2</sup> entra en forma estacionaria vapor de agua a 250 psi y 700 °F. El flujo másico de vapor por la tobera es 10 lbm/s. El vapor sale de la tobera a 200 psi con una velocidad de 900 pies/s. Las pérdidas de calor desde la tobera por unidad de masa del vapor se estiman en 1.2 Btu/lbm (ver figura 23). Determinar:

- La velocidad de entrada.
- La temperatura de salida del vapor.

**Figura 24. Tobera**



Fuente: Cengel & Boles (2009)

### Suposiciones

Es un proceso de flujo estacionario porque no hay cambio con el tiempo en algún punto, por lo tanto  $\Delta mVC = 0$  y  $\Delta EVC = 0$ . No hay interacciones de trabajo.

El cambio de energía potencial es cero,  $\Delta ep = 0$ .

a) El volumen específico y la entalpía del calor en la entrada de la tobera son:

$$p_1 = 250 \text{ psi} \quad V_1 = 2.6883 \text{ pies}^3/\text{lbm}$$

$$T_1 = 700^\circ\text{F} \quad h_1 = 1371.4 \text{ Btu/lbm}$$

Entonces

$$\dot{m} = \frac{1}{V_1} V_1 A_1$$

$$10\text{lbm/s} = \frac{1}{\frac{2.6883\text{pies}^3}{\text{lbm}}} (V_1)(0.2\text{pies}^2)$$

$$V_1 = 134.4\text{pies/s}$$

Bajo las suposiciones y observaciones expresadas, el balance de energía para el sistema de flujo estacionario se puede expresar en la forma de tasa como:

$$\dot{E}_{\text{entrada}} - \dot{E}_{\text{salida}} = dE_{\text{sistema}}/dt = 0$$

$$\dot{E}_{\text{entrada}} = \dot{E}_{\text{salida}}$$

$$\dot{m} \left( h_1 \frac{V_1^2}{2} \right) = \dot{m} \left( h_2 \frac{V_2^2}{2} \right) \quad (\text{puesto que } \dot{Q} \cong 0, W = 0, \Delta ep \cong 0)$$

$$h_2 = h_1 - q_{\text{salida}} - \frac{V_2^2 V_1^2}{2}$$

$$h_2 = (1371.4 - 1.2) \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}} - \frac{(900\text{pies/s})^2 - (134.4\text{pies/s})^2}{2} \left( \frac{1\text{Btu/lbm}}{25037\text{pies}^2/\text{s}^2} \right)$$

$$h_2 = 1354.4\text{Btu/lbm}$$

Entonces

$$\frac{P_2 = 200\text{psi}}{h_2 = 1354.4\text{Btu/lbm}} = T_2 = 662.0^\circ\text{F}$$

## Turbina

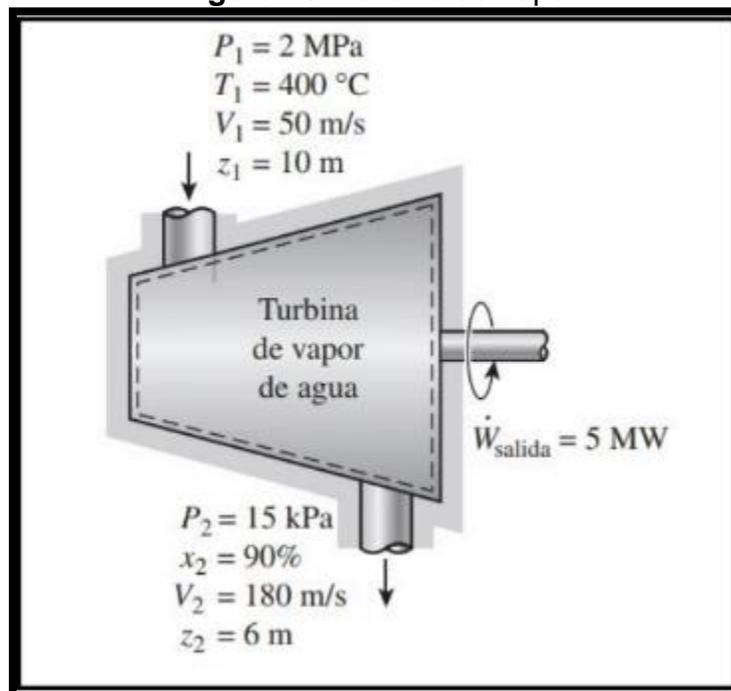
Una turbina es una turbo máquina motora, que transforma la energía de un flujo de algún fluido en energía mecánica a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo y el rodete, órgano principal de la turbina, que cuenta con palas o álabes los cuales tienen una forma particular para poder realizar el intercambio energético. Las turbinas están presentes en diversos ciclos de potencia que utilizan un fluido que puede cambiar de fase.

### Ejercicio de una turbina

La salida de potencia de una turbina de vapor adiabática es 5 MW, mientras que las condiciones de entrada y salida del vapor de agua son como se indica en la siguiente figura 24.

- Comparar las magnitudes de  $\Delta h$ ,  $\Delta ec$  y  $\Delta ep$ .
- Determinar el trabajo hecho por unidad de masa del vapor de agua que fluye por la turbina.
- Calcular el flujo másico del vapor.

**Figura 25.** Turbina de vapor



**Fuente:** Autores

### Suposiciones

1. Es un proceso de flujo estacionario porque no hay cambio con el tiempo en ningún punto, de modo que  $\Delta m_{VC} = 0$  y  $\Delta E_{VC} = 0$ .

2. El sistema es adiabático, por lo tanto, no hay transferencia de calor.

a) En la entrada, el vapor de agua se encuentra en un estado de vapor sobrecalentado, y la entalpía es

$$P_1 = 2 \text{ Mpa } h_1$$

$$T_1 = 400^\circ\text{C}$$

$$P_1 \text{ \& } T_1 = h_1 = 3248,4 \text{ kJ/kg}$$

En la salida de la turbina, es obvio que se tiene un vapor húmedo a una presión de 15 kpa. La entalpía es.

$$h_2 = h_f + X_2 h_{fg} = [225.94 + (0.9)(2\ 372.3)] \text{ kJ/kg} = 2\ 361.01 \text{ kJ/kg}$$

Entonces

$$\Delta h = h_2 - h_1 = (2\ 361.01 - 3\ 248.4) \text{ kJ/kg} = -887.39 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h = h_2 - h_1 = (2\ 361.01 - 3\ 248.4) \text{ kJ/kg} = -887.39 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta ec = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = \frac{(180 \text{ m/s})^2 - (50 \text{ m/s})^2}{2} \left( \frac{1 \text{ kJ/kg}}{1\ 000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) = 14.95 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta ep = g(z_2 - z_1) = (9.81 \text{ m/s}^2) [(6 - 10) \text{ m}] \left( \frac{1 \text{ kJ/kg}}{1\ 000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) = -0.04 \text{ kJ/kg}$$

b) El balance de energía para el sistema de flujo estacionario se puede expresar en la forma de tasa como

$$\dot{E}_{\text{entrada}} - \dot{E}_{\text{salida}} = \frac{dE_{\text{sistema}}}{dt} \rightarrow 0 \text{ (estable)} = 0$$

Tasa de transferencia de energía

Tasa de cambio de energías

Neta por calor, trabajo y masa

interna, cinética, potencial, etc.

$$\dot{m} \left( h_1 + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 \right) = \dot{m} \left( h_2 + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \right) \quad (\text{dado que } Q = 0)$$

Al dividir entre el flujo másico  $\dot{m}$  y sustituir, el trabajo que realiza la turbina por unidad de masa del vapor se determina por

$$\left[ (h_2 - h_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \right] = -w_{salida} = -(\Delta h + \Delta ec + \Delta ep)$$

$$= -[-887.39 + 14.95 - 0.04] \text{ kJ/kg} = 872.48 \text{ kJ/kg}$$

c) El flujo másico requerido para una salida de potencia de 5 MW es

$$\dot{m} = \frac{\dot{W}_{salida}}{w_{salida}} = \frac{5\,000 \text{ kJ/s}}{872.48 \text{ kJ/kg}} = 5.73 \text{ kg/s}$$

### Intercambiador de calor (tubo y coraza o de doble tubo).

Se diseña una unidad de intercambiador de calor (ver figura 25) con agua helada, para enfriar 5 m<sup>3</sup>/s de aire a 100 kPa y 30°C, hasta 100 kPa y 18°C, usando agua helada a 8°C. Determine la temperatura máxima del agua a la salida, cuando la tasa de flujo es de 2 kg/s.

**Figura 26.** Intercambiador de calor



**Fuente:** Cengel & Boles (2009)

Sin considerar las caídas de presión, determine.

- A. el flujo másico de agua de enfriamiento requerido.
- B. la tasa de transferencia de calor desde el refrigerante hacia el agua.

$$Q_a = m_a \times C_{p_a} \times \Delta T_a$$

El calor cedido por el aire ( $Q_c$ ) es igual a la masa de aire ( $m_{ai}$ ) por el calor específico del aire ( $C_{p_{ai}}$ ) por la diferencia de temperatura.

$$Q_c = -m_{ai} \times C_{p_{ai}} \times \Delta T_{ai}$$

Sustituyendo las Ec  $Q_a$  y  $Q_c$ , se tiene:

$$m_{ai} \times C_{p_{ai}} \times \Delta T_{ai} = m_a \times C_{p_a} \times \Delta T_a$$

La diferencia de temperatura del aire ( $\Delta T_{ai}$ ), es igual a la diferencia entre la temperatura final del aire  $T_{f_{ai}} = 18^\circ C$  ( $291^\circ K$ ) y la Temperatura inicial del aire  $T_{i_{ai}} = 30^\circ C$  ( $303^\circ K$ )

$$\Delta T_{ai} = T_{i_{ai}} - T_{f_{ai}} \rightarrow \Delta T_{ai} = 303^\circ K - 291^\circ K \rightarrow \Delta T_{ai} = 12^\circ K$$

La diferencia de temperatura del agua ( $\Delta T_a$ ), es igual a la diferencia entre la temperatura final del agua ( $T_{f_a}$ ) y la Temperatura inicial del agua ( $T_{i_a} = 8^\circ C = 281^\circ K$ ).

$\Delta T_a = T_{f_a} - 281^\circ C$  De la literatura se conoce que:

$$C_{p_e \text{ agua}} = 4180 \text{ J/kg } ^\circ K$$

$$C_{p \text{ aire}} = 1010 \text{ J/Kg } ^\circ K$$

$$\text{Densidad del aire} = 1.165 \text{ Kg/m}^3$$

Entonces,

$$5 \frac{m^3}{s} * 1.165 \frac{Kg}{m^3} * 1010 \frac{J}{Kg^{\circ}K} = 2 \frac{Kg}{s} * 4180 \frac{J}{Kg^{\circ}K} * (Tfa - 281^{\circ}K)$$

$$\rightarrow 70599 \frac{J}{s} = 8369 Tfa - 2349160 \frac{J}{s}$$

$$\rightarrow Tfa = 2419759 \frac{J}{s} / 8369 J/s^{\circ}K$$

$$\rightarrow Tfa = 289^{\circ}K (16^{\circ}C)$$

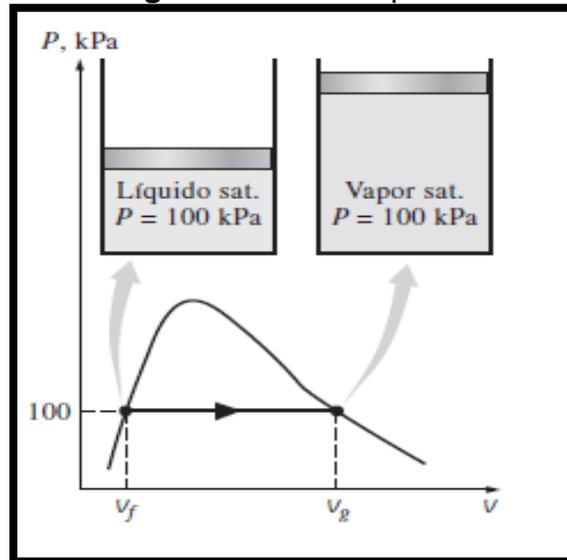
### Cilindro pistón

Cambio de volumen y energía durante la evaporación. Una masa de 200 gramos de agua líquida saturada se evapora por completo a una presión constante de 100 kPa (ver figura 26). Determine:

- a) El cambio de volumen.
- b) la cantidad de energía transferida al agua.

Solución Se evapora agua líquida saturada a presión constante. Se determinarán el cambio de volumen y la energía transferida.

**Figura 27. Cilindro pistón**



**Fuente:** Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

### Análisis

a) El proceso descrito se ilustra en un diagrama P-v, en la figura. El cambio de volumen por unidad de masa durante el proceso de evaporación es  $v_{fg}$ , que es la diferencia entre  $v_g$  y  $v_f$ . Al tomar de la tabla A-5 los valores a 100 kPa y sustituir, se obtiene:

$$V_{fg} = V_g - V_f = 1.6941 - 0.001043 = 1.6931 \frac{m^3}{Kg}$$

Por lo tanto,

$$\Delta V = m v_{fg} = (0.2kg) \left( 1.6931 \frac{m^3}{Kg} \right) = 0.3386 m^3$$

b) La cantidad de energía necesaria para evaporar una masa unitaria de sustancia a una determinada presión es la entalpía de evaporación a esa presión, que es  $h_{fg}$  2 257.5 kJ/kg para el agua a 100 kPa.

Por lo tanto, la cantidad de energía transferida es:

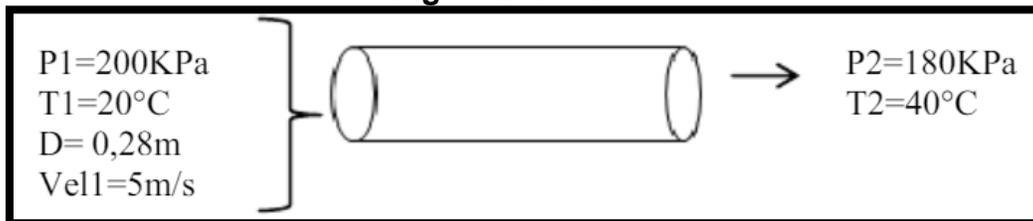
$$Q = 0.2 \text{ Kg} * 2257.5 \text{ Kj} = 451.5 \text{ Kj/KgQ}$$

### Tubería

Según la figura 27, el aire entra en una tubería de diámetro de 28cm a 200kPa y 20°C a una velocidad de 5m/s. El aire se calienta a medida que fluye, y sale de la tubería a 180kPa y 40°C. Determinar:

- El flujo de volumétrico de aire en la entrada,
- El flujo de masa de aire,
- la velocidad de flujo y el volumen en la salida.

**Figura 28.** Tubería



Fuente: Autores

### Solución

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(0.28)^2}{4} = 0.062m^2$$

$$Vol = A * vel1$$

$$Vol = (0.062) * \left(\frac{5m}{s}\right) = 0.31 \frac{m^3}{s}$$

a)  $PV = RT$

$$v1 = \frac{RT}{P}$$

$$v1 = \frac{\left(\frac{0.287Kpam^3}{kg^{\circ}K}\right)(293^{\circ}k)}{200Kpa} = 0.42 \frac{m^3}{kg}$$

b)  $m = \frac{vol}{v1}$

$$m = \frac{0.31 \frac{m^3}{s}}{0.42 \frac{m^3}{kg}} = 0.73 \frac{kg}{s}$$

c)  $PV = RT$

$$v2 = \frac{RT}{P}$$

$$v2 = \frac{\left(\frac{0.287Kpam^3}{kg^{\circ}K}\right)(313^{\circ}K)}{180Kpa} = 0.50 \frac{m^3}{kg}$$

$$Vol_2 = m * v2$$

$$Vol_2 = \left(0.73 \frac{kg}{s}\right) \left(0.50 \frac{m^3}{kg}\right) = 0.37 \frac{m^3}{s}$$

$$vel2 = \frac{Vol_2}{2}$$

$$vel2 = \frac{0.37 \frac{m^3}{s}}{0.062m^2}$$

$$vel2 = 5.22 \frac{m}{s}$$

### 3.2.2. Solución mediante matlab

A continuación, en la figura 28 se lleva a cabo la solución de los ejercicios resultados analíticamente.

**Figura 29. Solución Matlab tobera**

The screenshot shows the 'Tobera' software interface. On the left, a diagram of a nozzle is shown with inlet conditions  $P_1$ ,  $T_1$ ,  $V_1$ , and  $A_1$  on the left, and outlet conditions  $P_2$ ,  $T_2$ ,  $V_2$ , and  $A_2$  on the right. Mass flow rate  $\dot{m}$  is indicated inside the nozzle, and exit velocity  $q_{salida}$  is shown as an arrow pointing away from the nozzle. The software interface includes several control panels:

- Unidades:** Radio buttons for 'IS' and 'ES' (selected).
- Sustancia:** Radio buttons for 'Aire' (selected) and 'Vapor Agua Sobrecalentado'.
- Incognita:** Radio buttons for 'Presion 1', 'Temperatura 2' (selected), 'VEspecifico', 'Flujo Masico', 'Area 1', 'Velocidad 1', 'Area(Densidad)', 'Energia Perdida', 'Flujo Masico(Densidad)', 'Area 2', 'Velocidad 2', and 'Flujo volumetrico'.
- Informacion Inicial:** A table for inputting data for two sections (1 and 2):
 

	1	2
Presion[Psij]	250	200
Temperatura[F]	700	
Vol Espe[ft^3/lb]		
Flujo Masico[lb/s]		
Area[ft^2]		
Velocidad[ft/s]	138.13	900
EPerdida[btu/lbm]	1.2	
Densidad[Lb/ft^3]		
- Resultados:** A table showing calculated results:
 

Velocidad	138.1399 ft/s
Temperatura	661.9234 F
- Buttons for 'Limpiar' and 'Ejecutar'.

Fuente: Autores

En la figura 28 se encuentran ya añadida la información necesaria para despejar las incógnitas. El programa Matlab se encarga de realizar los procedimientos y de arrojar el dato de cada incógnita, se logra observar que ya se encontró la información solicitada, la información se encuentra en el recuadro "Resultados".

En la figura 29 se muestra que se requiere añadir la información inicial que se necesita para realizar los procedimientos de la turbina en la cual se solicita la potencia, el flujo másico, el trabajo, el valor específico y la temperatura.

**Figura 30.** Solución Matlab turbinas

**Turbinas**

Unidades:  IS  ES

Estado sustancia salida:  Mezcla  Vapor sobrecalentado

Incognita:  Potencia  Temperatura 1  
 VEspecifico  Flujo Masico  
 Trabajo  Area  
 Energia Perdida  Velocidad  
 FM(velocidad)  Delta EC

Resultados:

Trabajo	2.9851e+03 KJ/Kg
F. Masico	1.6750 Kg/s

Informacion Inicial:

Presion 2[Kpa]	15	Trabajo[Kj/Kg]	
Temperatura 2[C]		Calidad[%]	0.9
Vol Espe[m^3/Kg]		Velocidad 2[m/s]	180
Flujo Masico[Kg/s]		Z 1[m]	10
Potencia[Kw]	5000	Z 2[m]	6
Velocidad 1[m/s]	50	Presion 1[Kpa]	2000
Area 1[m^2]		Temperatura 1[C]	400
Energia			

Limpiar Ejecutar

Fuente: Autores

Las Figuras 31 y 32 reflejan los resultados obtenidos a partir de las variables ingresadas para el cálculo de temperatura.

**Figura 31. Solución Matlab difusor**

The screenshot shows a software window titled 'difusor'. In the center, a diagram of a diffuser is shown with an inlet on the left and an outlet on the right. The inlet conditions are labeled as  $P_1$ ,  $T_1$ ,  $V_1$ , and  $A_1$ . The mass flow rate is denoted by  $\dot{m}$ . To the right of the diagram are several control panels:

- Unidades:** Radio buttons for 'IS' (selected) and 'ES'.
- Sustancia:** Radio buttons for 'Aire' (selected) and 'Vapor Agua Sobrecalentado'.
- Incognita:** A list of variables with radio buttons: 'Presion 1', 'Temperatura 2', 'VEspecifico', 'Flujo Masico' (selected), 'Area 1', 'Velocidad 1', 'Area(Densidad)', 'Energia Perdida', 'Flujo Masico(Densidad)', 'Area 2', 'Velocidad 2', and 'Flujo volumetrico'.
- Informacion Inicial:** A table for inputting initial conditions at two points (1 and 2).
- Resultados:** A table showing the calculated mass flow rate.

At the bottom right, there is an 'Ejecutar' button. The 'uts' logo is visible in the bottom left corner of the window.

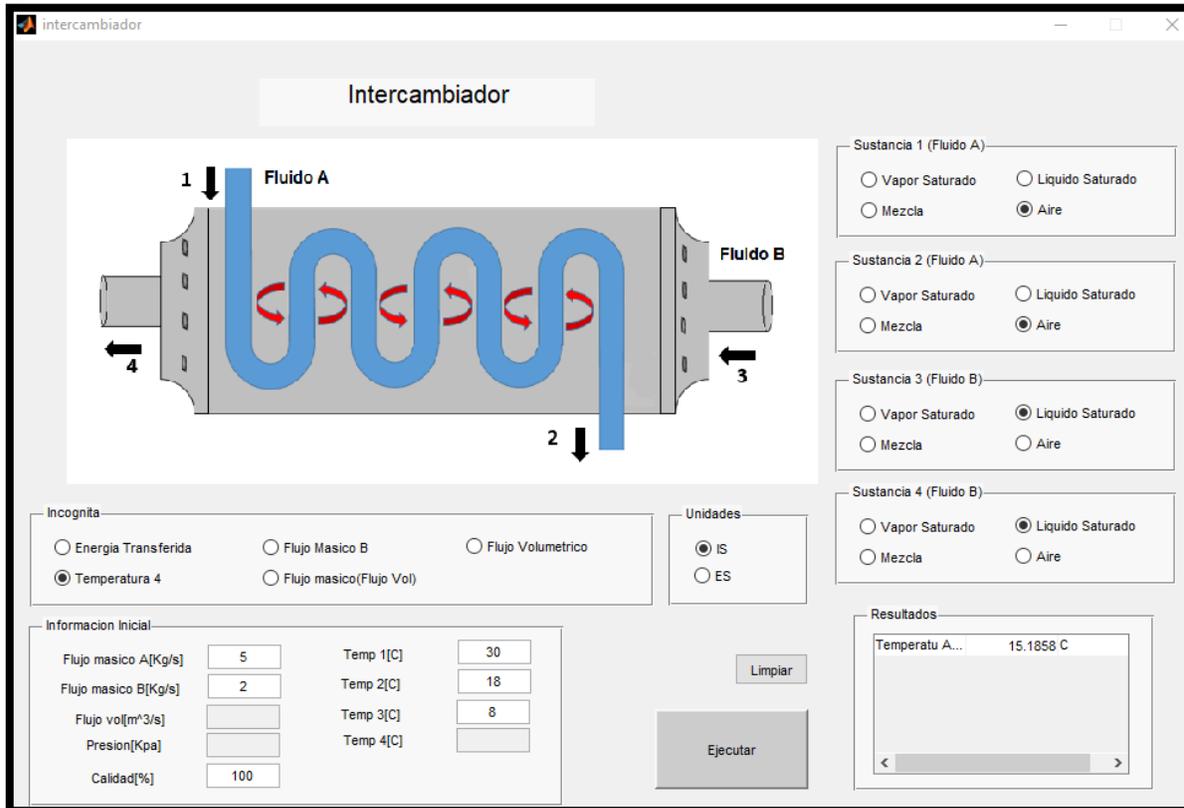
Informacion Inicial	1	2
Presion[Kpa]	80	
Temperatura[C]	10	
Vol Espe[m <sup>3</sup> /Kg]		
Flujo Masico[Kg/s]		
Area[m <sup>2</sup> ]	0.4	
Velocidad[m/s]	200	
EPerdida[J/Kg]		
Densidad[Kg/m <sup>3</sup> ]		

Resultados	
F. Masico	78.7556 kg/s

Fuente: Autores

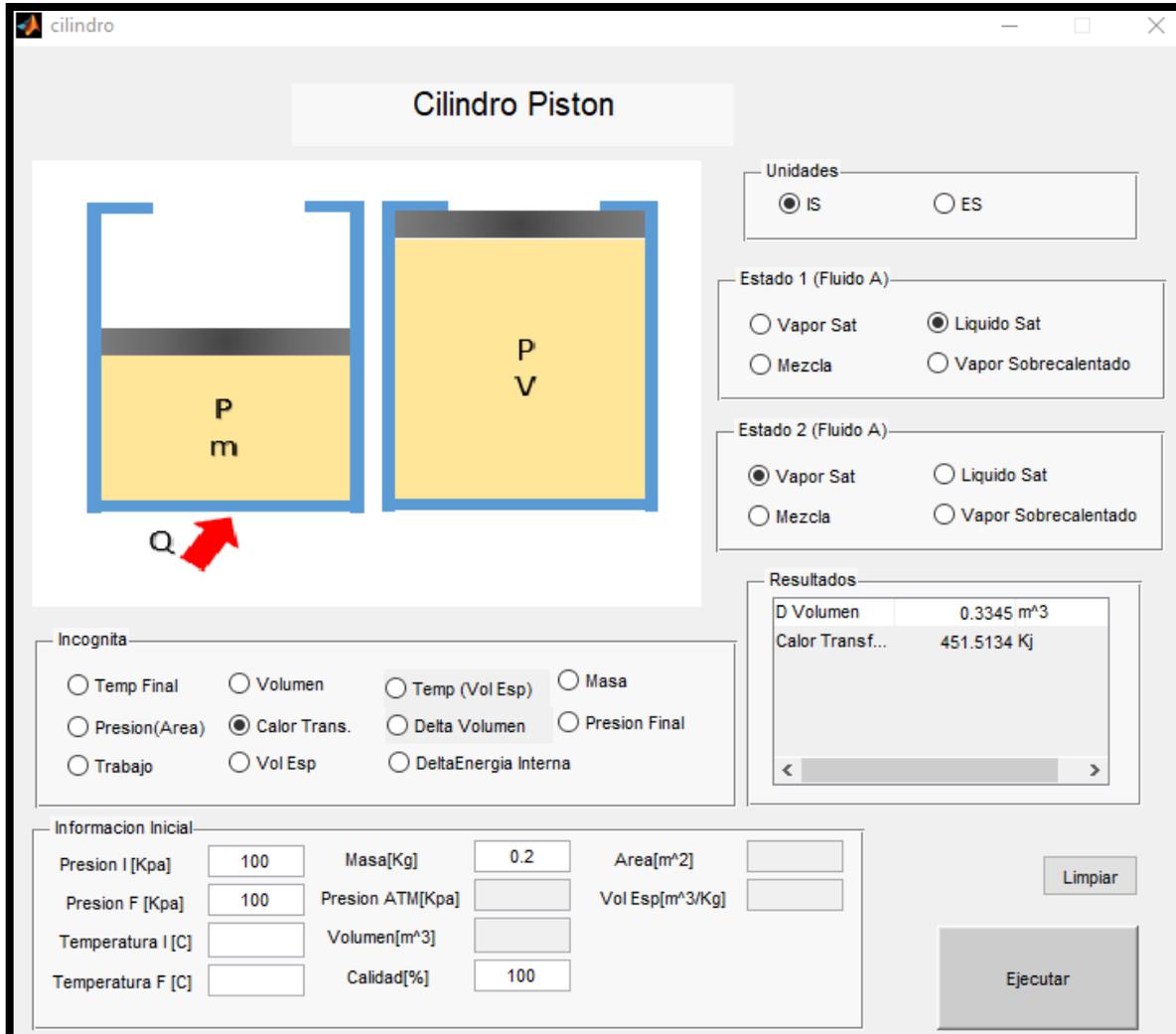
**Figura 32.** Solución Matlab intercambiador de calor



Fuente: Autores

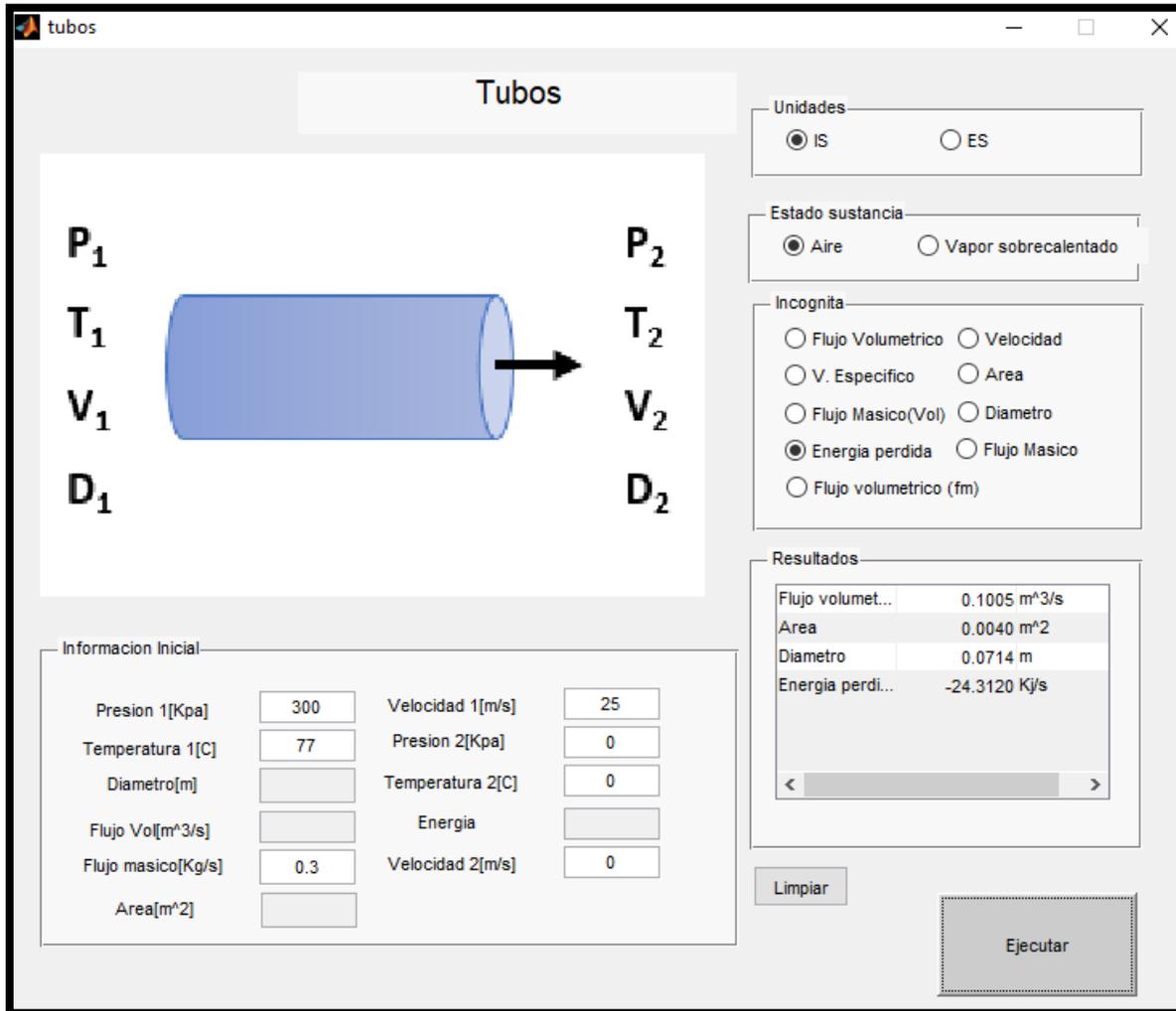
La solución del cilindro pistón y de los tubos en Matlab según la Figura 32 y 33 permite el cálculo del calor transferido teniendo en cuenta los parámetros requeridos como presión, volumen y masa.

**Figura 33.** Solución Matlab cilindro pistón



Fuente: Autores

**Figura 34.** Solución Matlab tubos



Fuente: Autores

### 3.2.3. Comparación de resultados matemáticos con los arrojados por el software matlab

La Tabla 41 permite evidenciar un análisis comparativo de los resultados obtenidos a partir de la ejecución de los cálculos analíticos y ejecución en el software Matlab según el problema planteado. Asimismo, se define el porcentaje de error obtenido a partir de la diferencia entre ambas variables.

**Tabla 41.** Comparación de resultados

Proceso	Resultado método tradicional		Resultado software		Margen de error
<b>Tobera</b>	T2	662.0°F	T2	661.9235°F	0.011%
<b>Cilindro piston</b>	Tf	267.26°F	Tf	267.1398°F	0.04499%
	W	5.24Btu	W	5.2390Btu	0.01%
	Q	320Btu	Q	320.2763Btu	0.86%
<b>Turbina</b>	m	5.73kg/s	M	5.7442kg/s	0.0247%
<b>Difusor</b>	m	78.8kg/s	M	78.7556kg/s	0.056%
<b>Tubo</b>	$\dot{m}$	0.31 m <sup>3</sup> /s	$\dot{m}$	0.3079 m <sup>3</sup> /s	0.006%
	m	0.73 kg/s	M	0.7319 kg/s	0.0025%
	Vel	5.22 m/s	Vel	5.2713 m/s	0.0025%
<b>Intercambiador de calor</b>	Tf	289°F	Tf	289.5949°F	0.025%

Fuente: autores

### 3.3. ESTRUCTURAR UNA GUÍA PARA LA OPERACIÓN DEL SOFTWARE Y EJECUTARLO CON LOS ESTUDIANTES DE LA TECNOLOGÍA E INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA PARA IDENTIFICAR LOS BENEFICIOS QUE OFRECE EL SOFTWARE.

A partir del anexo 1 se logra evidenciar las encuestas aplicadas a los estudiantes de ingeniería electromecánica ante el uso del software, donde se llevaron a cabo actividades tanto de conversión como de la resolución de problemas termodinámicos. Para poder ejecutar el software de manera eficiente y fácil, se realizó una estructura de guía que permite la operación del software, la cual es

#### Paso 1. Apertura del espacio de trabajo en Matlab

En la figura 34 se logra ver el icono del software Matlab a la cual se puede ingresar dando doble clic sobre él, se encuentra ubicado en el escritorio o en su defecto en inicio-todos los programas.

**Figura 35.** Icono de Matlab en escritorio.



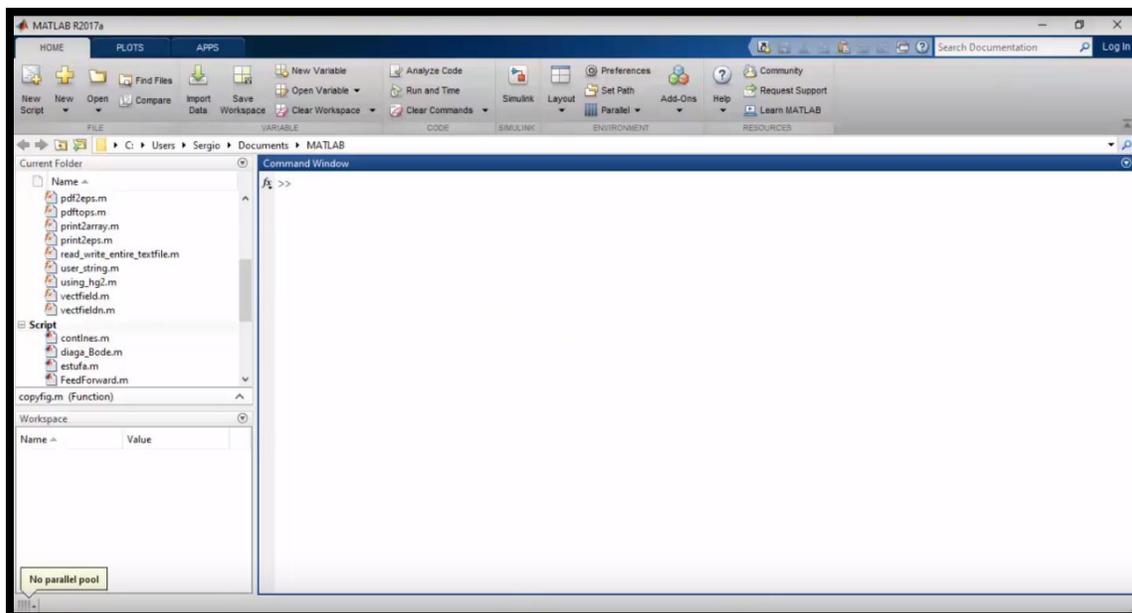
**Fuente:** Autores

Al ingresar al software de MATLAB se puede evidenciar su inicio, el cual es conformado por distintos comandos, los cuales tienen múltiples opciones para

poder realizar diferentes tareas en el programa. Las cuales son, la barra de herramientas, el current folder (directorio actual), command window (ventana de comandos) y el workspace (espacio de trabajo).

MATLAB cuenta con una barra de herramientas las cuales están disponibles para realizar diferentes tareas. La barra se divide en tres opciones, las cuales son: EDITOR, PUBLISH Y VIEW (ver figura 35)

**Figura 36. Inicio de Matlab**

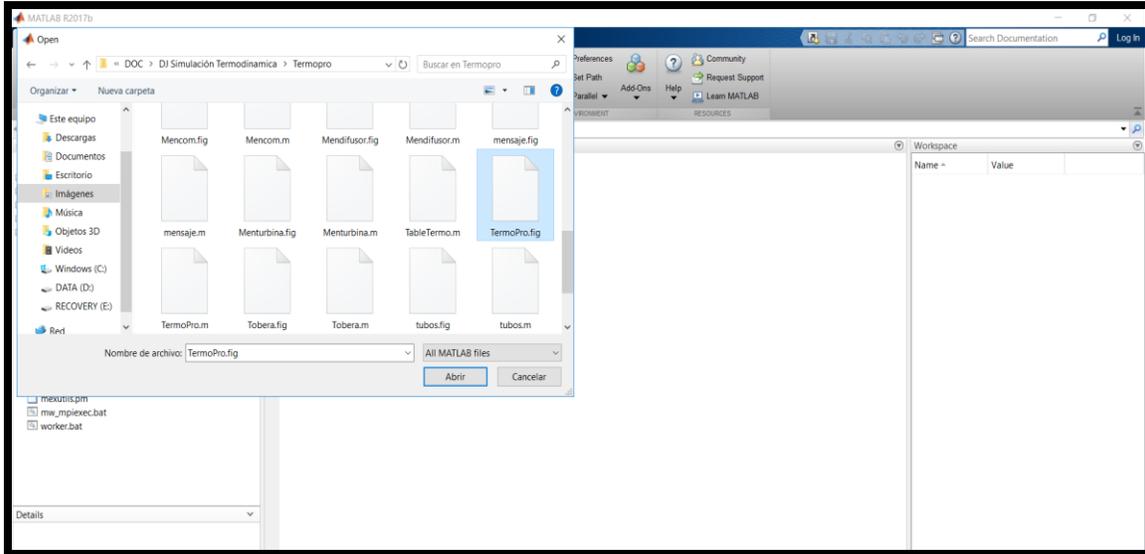


Fuente: Autores

## Paso 2. Apertura del TermoPro

Una vez ingresado el programa MATLAB e identificada la barra de herramientas del sistema se realiza, Mediante la opción abrir, la selección del aplicativo como se observa en la Figura 36.

**Figura 37.** Selección del archivo Termopro



**Fuente:** Autores

Una vez seleccionado el documento, se oprime abrir. Dicha acción permite ver el código en Matlab. Una vez ejecutado el TermoPro se despliega la ventana evidenciada en la Figura 37, la cual se conforma por diferentes casos de estudio como tobera, cilindro pistón de tubo y coraza, turbina, difusor, tubos, compresor, intercambiador de calor y una calculadora termodinámica.

**Figura 38.** Simulación procesos termodinámicos

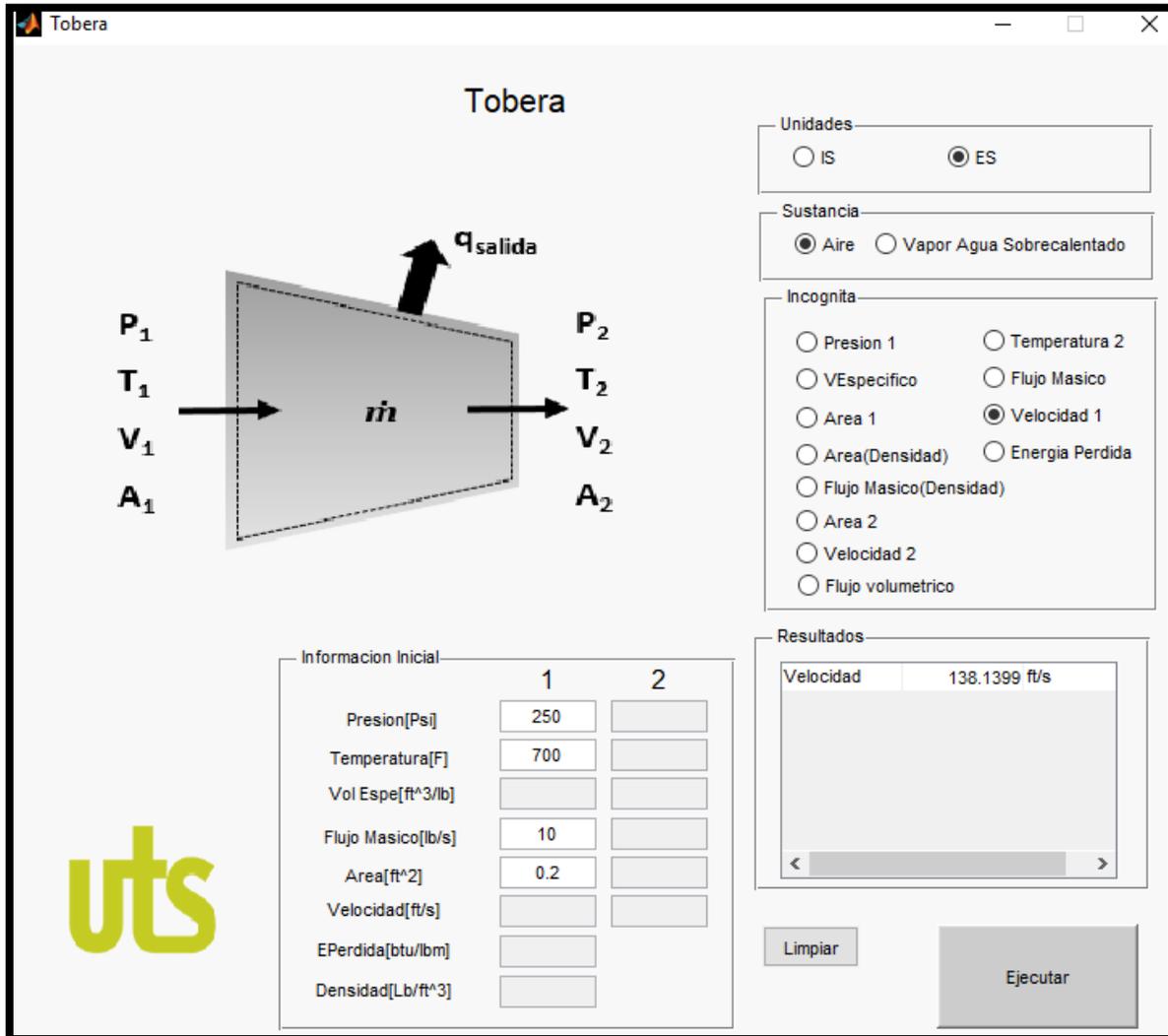


**Fuente:** Autores

### Descripción interfaz tobera

En primer lugar de izquierda a derecha en la esquina superior izquierda se encuentra la opción de tobera, como se evidencia en la figura 38, para dicho tipo de dispositivo es posible realizar diferentes cálculos dependiendo del tipo de ejercicio, valores entregados e incógnitas, ya que la resolución de ejercicios de tobera para el software termopro desarrollado en Matlab basado en el libro de Termodinámica 8va edición, Yunus A. Cengel y la tipicidad de los ejercicios y problemáticas determinadas.

Figura 39. Tobera



Fuente: Autores

La interfaz de la aplicativa tobera, cuenta con diferentes bifurcaciones que son de gran utilidad y preponderancia a medida que se conocen los diferentes datos del ejercicio a resolver, como lo es en primera instancia las unidades, que son IS (internacional system) para sistema internacional y ES (english system) para sistema inglés.

En segundo lugar, se selecciona la sustancia con la cual requiere el ejercicio, en dicho caso las opciones son aire y vapor sobrecalentado, determinadas así por el tipo de dispositivo.

En tercer lugar, lleva a cabo a la selección de la incógnita que, requerida para dar solución al ejercicio, las incógnitas para tobera son: “presión 1” o de entrada, “volumen específico”, “area 1”, “area 2”, “area” (hallada con una densidad dada), “flujo másico”, “flujo másico” (hallado con una densidad dada), “temperatura”, “velocidad 1”, “velocidad 2”, “flujo volumétrico” y “energía perdida” (Q).

En cuarto lugar, en la parte inferior de la ilustración de una tobera ubicada la tabla de información inicial, que son los parámetros que se utilizan para la ejecución del ejercicio de tobera, están normalmente detallados en los enunciados de los ejercicios o en sus ilustraciones correspondientes. En la tabla de información inicial y dependiendo de la incógnita requerida, el programa tiene la facultad habilitar solo la información necesaria para resolver el ejercicio, evitando fallas de digitalización o confusiones y así facilitar la consignación de los valores iniciales, como se aprecia en la figura anterior los espacios habilitados quedan en color blanco y los bloqueados en color gris. Tener como precaución la consignación de datos y verificar las unidades descritas dadas después de la descripción de los valores iniciales.

En la parte inferior derecha de la interfaz de la aplicativa tobera, se encuentra ubicada la tabla de resultados en donde se logra visualizar la descripción, el valor y las unidades de los valores requeridos. Debajo de los resultados se ubica un botón “limpiar” para borrar la información inicial que ya no sea requerida y posterior se encuentra el botón de “ejecutar” para resolver el ejercicio con las variables y parámetros solicitados.

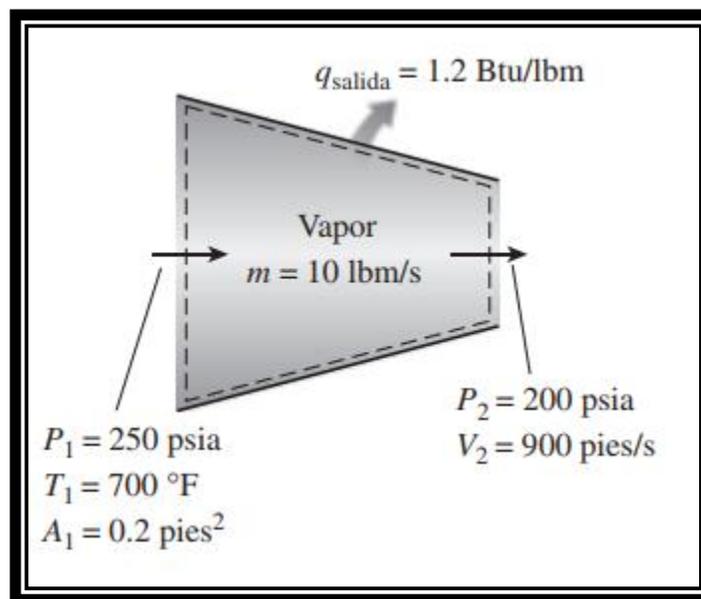
A continuación, se observa un ejercicio sacado del libro de Termodinámica 8va edición, Yunus A. Cengel que se utiliza a modo de ejemplo para la puesta en práctica de la aplicativa tobera, en donde a partir de los valores iniciales dados y las incógnitas solicitadas se resuelve ejercicio.

### Ejercicio de una tobera

A una tobera cuya área de entrada es  $0.2 \text{ ft}^2$  entra en forma estacionaria vapor de agua a  $250 \text{ psi}$  y  $700 \text{ }^\circ\text{F}$ . El flujo másico de vapor por la tobera es  $10 \text{ lbm/s}$ . El vapor sale de la tobera a  $200 \text{ psi}$  con una velocidad de  $900 \text{ ft/s}$ . Las pérdidas de calor desde la tobera por unidad de masa del vapor se estiman en  $1.2 \text{ Btu/lbm}$  (ver figura 39). Determinar:

- La velocidad de entrada.
- La temperatura de salida del vapor.

**Figura 40.** Tobera



**Fuente:** Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

En la figura 40 de interfaz de tobera se realiza la resolución del ejercicio de tobera anterior, en donde se utiliza las unidades del sistema inglés por ello se selecciona la opción “ES”, como sustancia “aire”, el ejercicio requiere hallar la velocidad y temperatura 2 o final, se realiza la selección individualmente con su respectiva información inicial requerida para resolver y obtener el solicitado como se ilustra en las figuras tobera 1 y tobera 2.

**Figura 41.** Calculo de temperatura y velocidad

The screenshot shows the 'Tobera' software interface. On the left, a diagram of a nozzle is shown with flow parameters at inlet (1) and outlet (2). The inlet parameters are  $P_1$ ,  $T_1$ ,  $V_1$ , and  $A_1$ . The outlet parameters are  $P_2$ ,  $T_2$ ,  $V_2$ , and  $A_2$ . An arrow labeled  $q_{salida}$  points away from the nozzle. The mass flow rate is denoted as  $\dot{m}$ .

On the right, there are several control panels:

- Unidades:** Radio buttons for 'IS' and 'ES' (selected).
- Sustancia:** Radio buttons for 'Aire' (selected) and 'Vapor Agua Sobrecalentado'.
- Incognita:** Radio buttons for 'Presion 1', 'Temperatura 2' (selected), 'VEspecifico', 'Flujo Masico', 'Area 1', 'Velocidad 1', 'Area(Densidad)', 'Energia Perdida', 'Flujo Masico(Densidad)', 'Area 2', 'Velocidad 2', and 'Flujo volumetrico'.
- Resultados:** A table showing calculated values:
 

Velocidad	138.1399 ft/s
Temperatura	661.9234 F

At the bottom left, there is an 'Informacion Inicial' table with input fields for parameters 1 and 2:

	1	2
Presion[Ps]	250	200
Temperatura[F]	700	
Vol Espe[ft <sup>3</sup> /lb]		
Flujo Masico[lb/s]		
Area[ft <sup>2</sup> ]		
Velocidad[ft/s]	138.13	900
EPerdida[btu/lbm]	1.2	
Densidad[Lb/ft <sup>3</sup> ]		

At the bottom right, there are buttons for 'Limpiar' and 'Ejecutar'.

Fuente: Autores

## Descripción aplicativo cilindro pistón de tubo y coraza

En segundo lugar, de izquierda a derecha en la fila superior se encuentra la opción de cilindro pistón de tubo y coraza, como se evidencia en la figura 41 y 42 es posible realizar diferentes cálculos dependiendo del tipo de ejercicio, valores entregados e incógnitas, ya que la resolución de ejercicios de tobera para el software termopro desarrollado en Matlab basado en el libro de Termodinámica 8va edición, Yunus A. Cengel y la tipicidad de los ejercicios y problemáticas determinadas.

La interfaz del aplicativo cilindro pistón de tubo y coraza, cuenta con diferentes opciones que son de gran utilidad a medida que se conocen los diferentes datos del ejercicio a resolver, como lo es en primera instancia las unidades, que son IS (internacional system) para sistema internacional y ES (english system) para sistema inglés.

En segundo lugar, se selecciona el estado 1 o inicial y el estado 2 o final que requiere el ejercicio para resolverse, las opciones son: vapor saturado, líquido saturado, mezcla saturada y vapor sobrecalentado, determinadas así por el tipo de dispositivo y ejercicios propuestos.

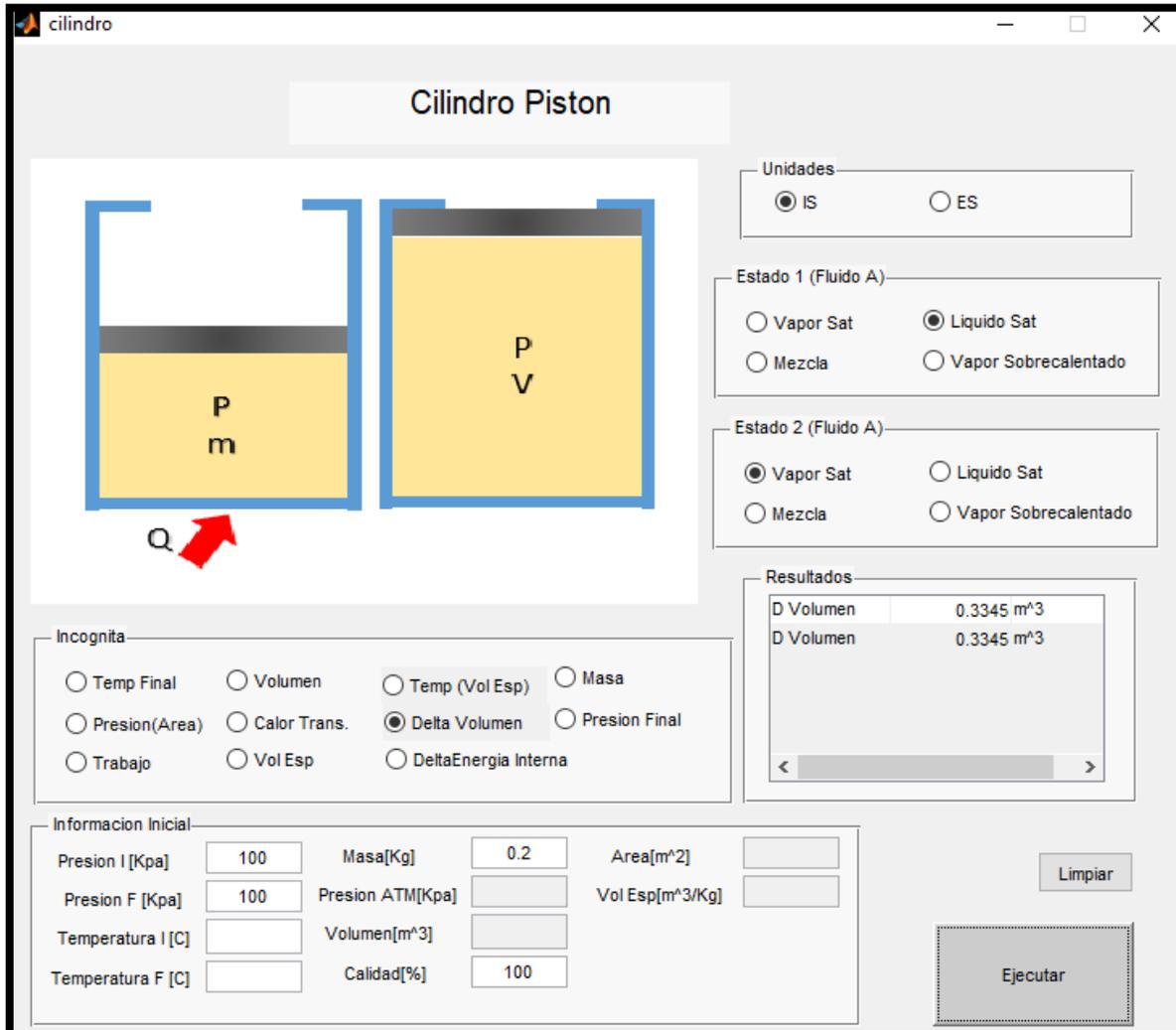
En tercer lugar, lleva a cabo a la selección de la incógnita que, requerida para dar solución al ejercicio, las incógnitas para un dispositivo cilindro pistón de tubo y coraza son: “presión (area)” que se halla con una area dada, “volumen específico”, “trabajo”, “volumen”, “calor transferido” “temperatura”, “temp vol esp” que es temperatura (hallada con un volumen específico dado), “delta volumen”, “delta energía interna”, “masa” y “presión final”.

En cuarto lugar, en la parte inferior de la ilustración de un cilindro pistón de tubo y coraza ubicada la tabla de información inicial, que son los parámetros que se utilizan para la ejecución del ejercicio de cilindro pistón de tubo y coraza, están

normalmente detallados en los enunciados de los ejercicios o en sus ilustraciones correspondientes. En la tabla de información inicial y dependiendo de la incógnita requerida, el programa tiene la facultad habilitar solo la información necesaria para resolver el ejercicio, evitando fallas de digitalización o confusiones y así facilitar la consignación de los valores iniciales, como se aprecia en la figura anterior los espacios habilitados quedan en color blanco y los bloqueados en color gris. Tener como precaución la consignación de datos y verificar las unidades descritas después de valores iniciales.

En la parte inferior derecha de la interfaz del aplicativo cilindro pistón de tubo y coraza, se encuentra ubicada la tabla de resultados en donde se logra visualizar la descripción, el valor y las unidades de los valores requeridos. Debajo de los resultados se ubica un botón “limpiar” para borrar la información inicial que ya no sea requerida y posterior el botón de “ejecutar” para resolver el ejercicio con las variables y parámetros solicitados.

**Figura 42. Cilindro piston**



Fuente: Autores

**Figura 43.** Calculo de volumen y calor cilindro piston

**Cilindro Piston**

Unidades:  IS  ES

Estado 1 (Fluido A):  Vapor Sat  Liquido Sat  Mezcla  Vapor Sobrecaentado

Estado 2 (Fluido A):  Vapor Sat  Liquido Sat  Mezcla  Vapor Sobrecaentado

Resultados	
D Volumen	0.3345 m <sup>3</sup>
Calor Transf...	451.5134 KJ

Incognita:  Temp Final  Volumen  Temp (Vol Esp)  Masa  Presion(Area)  Calor Trans.  Delta Volumen  Presion Final  Trabajo  Vol Esp  DeltaEnergia Interna

Información Inicial:

Presion I [Kpa]	100	Masa[Kg]	0.2	Area[m <sup>2</sup> ]	
Presion F [Kpa]	100	Presion ATM[Kpa]		Vol Esp[m <sup>3</sup> /Kg]	
Temperatura I [C]		Volumen[m <sup>3</sup> ]			
Temperatura F [C]		Calidad[%]	100		

Limpiar

Ejecutar

Fuente: Autores

A continuación, se observa un ejercicio sacado del libro de Termodinámica octava edición que se utiliza a modo de ejemplo para la puesta en práctica del aplicativo cilindro pistón de tubo y coraza, en donde a partir de los valores iniciales dados y las incógnitas solicitadas se resuelve ejercicio.

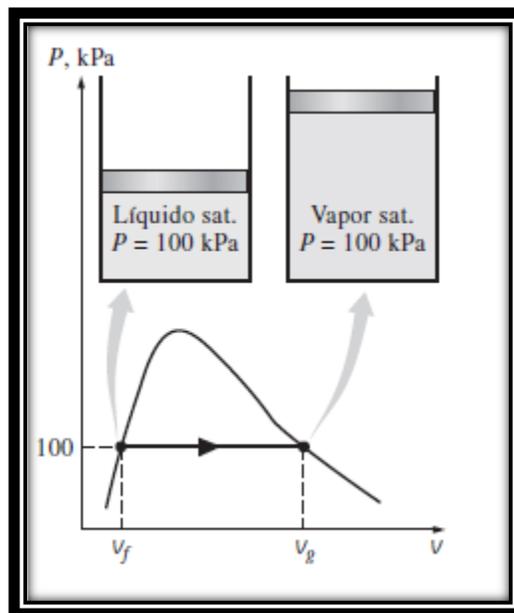
### Ejercicio de un dispositivo cilindro pistón de tubo y coraza

Una masa de 200 gramos de agua líquida saturada se evapora por completo a una presión constante de 100 kPa (ver figura 43). Determine:

- El cambio de volumen.
- la cantidad de energía transferida al agua.

Solución se evapora agua líquida saturada a presión constante. Se determinarán el cambio de volumen y la energía transferida.

**Figura 44.** Cilindro piston



**Fuente:** Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

### Descripción aplicativo turbina

En tercer lugar, de izquierda a derecha en la primera fila se encuentra la opción de turbina, como se evidencia en la figura 44, para dicho tipo de dispositivo es posible realizar diferentes cálculos dependiendo del tipo de ejercicio, valores entregados e incógnitas, ya que la resolución de ejercicios de tobera para el software termopro

desarrollado en Matlab basado en el libro de Termodinámica 8va edición, Yunus A. Cengel y la tipicidad de los ejercicios y problemáticas determinadas.

La interfaz del aplicativo para la turbina, cuenta con diferentes opciones que son de gran utilidad a medida que se conocen los diferentes datos del ejercicio del tipo a resolver, como lo es en primera instancia las unidades, que son IS (internacional system) para sistema internacional y ES (english system) para sistema inglés.

En segundo lugar, se selecciona el estado final que requiere el ejercicio para resolverse, en el caso las opciones son: mezcla saturada y vapor sobrecalentado, determinadas así por el tipo de dispositivo y ejercicios propuestos.

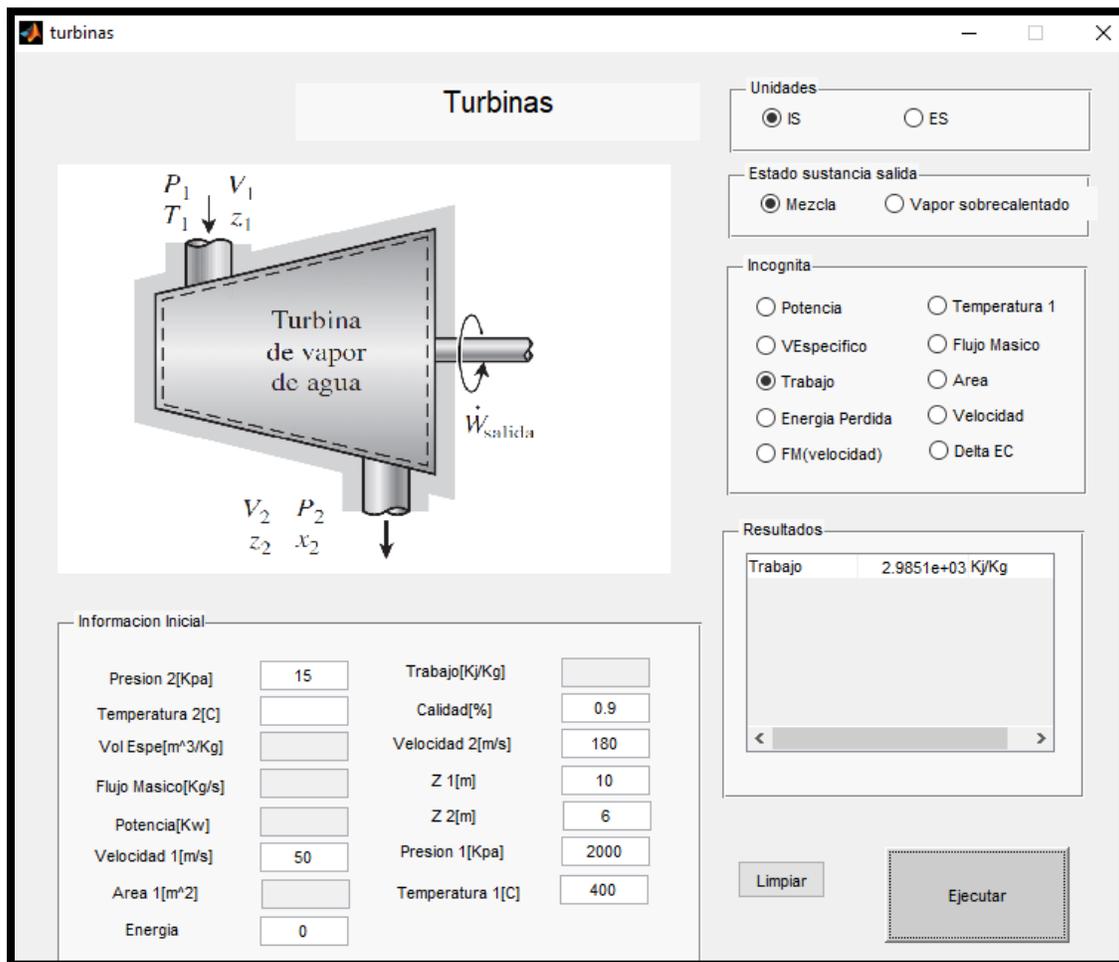
En tercer lugar, lleva a cabo a la selección de la incógnita que, requerida para dar solución al ejercicio, las incógnitas para un dispositivo de turbina son: “potencia”, “Vespecifico” para volumen específico, “trabajo”, “energía perdida”, “flujo másico”, “temperatura 1”, “FM(velocidad)” para flujo másico hallado con velocidad, “Area”, “velocidad”, “masa” y “Delta EC” para delta de energía cinética.

En cuarto lugar, en la parte inferior de la ilustración de una turbina ubicada la tabla de información inicial, que son los parámetros que se utilizan para la ejecución del ejercicio de turbina, están normalmente detallados en los enunciados de los ejercicios o en ilustraciones.

En la tabla de información inicial y dependiendo de la incógnita requerida, el programa tiene la facultad habilitar solo la información necesaria para resolver el ejercicio, evitando fallas de digitalización o confusiones y así facilitar la consignación de los valores iniciales, como se aprecia en la figura anterior los espacios habilitados quedan en color blanco y los bloqueados en color gris. Tener como precaución la consignación de datos y verificar las unidades descritas después de valores iniciales.

En la parte inferior derecha de la interfaz de la aplicativa turbina, se encuentra ubicada la tabla de resultados en donde se logra visualizar la descripción, el valor y las unidades de los valores requeridos. Debajo de los resultados se ubica un botón “limpiar” para borrar la información inicial que ya no sea requerida y posterior el botón de “ejecutar” para resolver el ejercicio con las variables y parámetros solicitados.

**Figura 45.** Calculo de trabajo en turbinas



**Fuente:** Autores

A continuación, se observa un ejercicio sacado del libro de Termodinámica octava edición de Yunus A. Cengel que se utiliza a modo de ejemplo para la puesta en

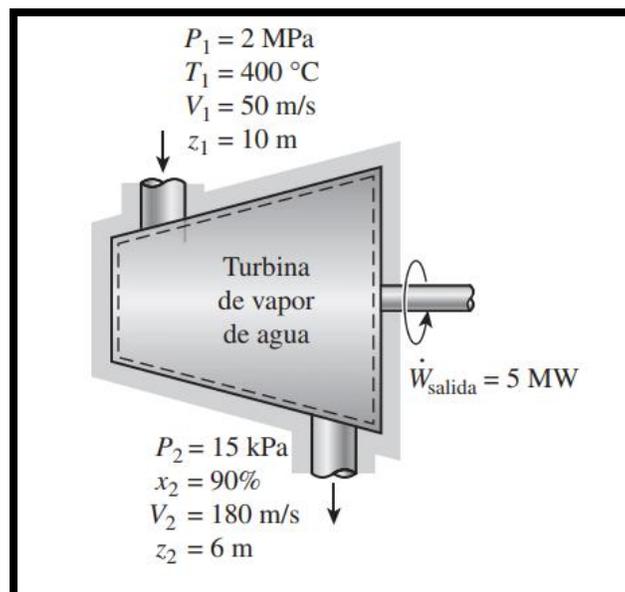
práctica de la aplicativa turbina, en donde a partir de los valores iniciales dados y las incógnitas solicitadas se resuelve el ejercicio.

### Ejercicio de una turbina

La salida de potencia de una turbina de vapor adiabática es 5 MW, mientras que las condiciones de entrada y salida del vapor de agua son como se indica en las siguientes figuras 45 y 46.

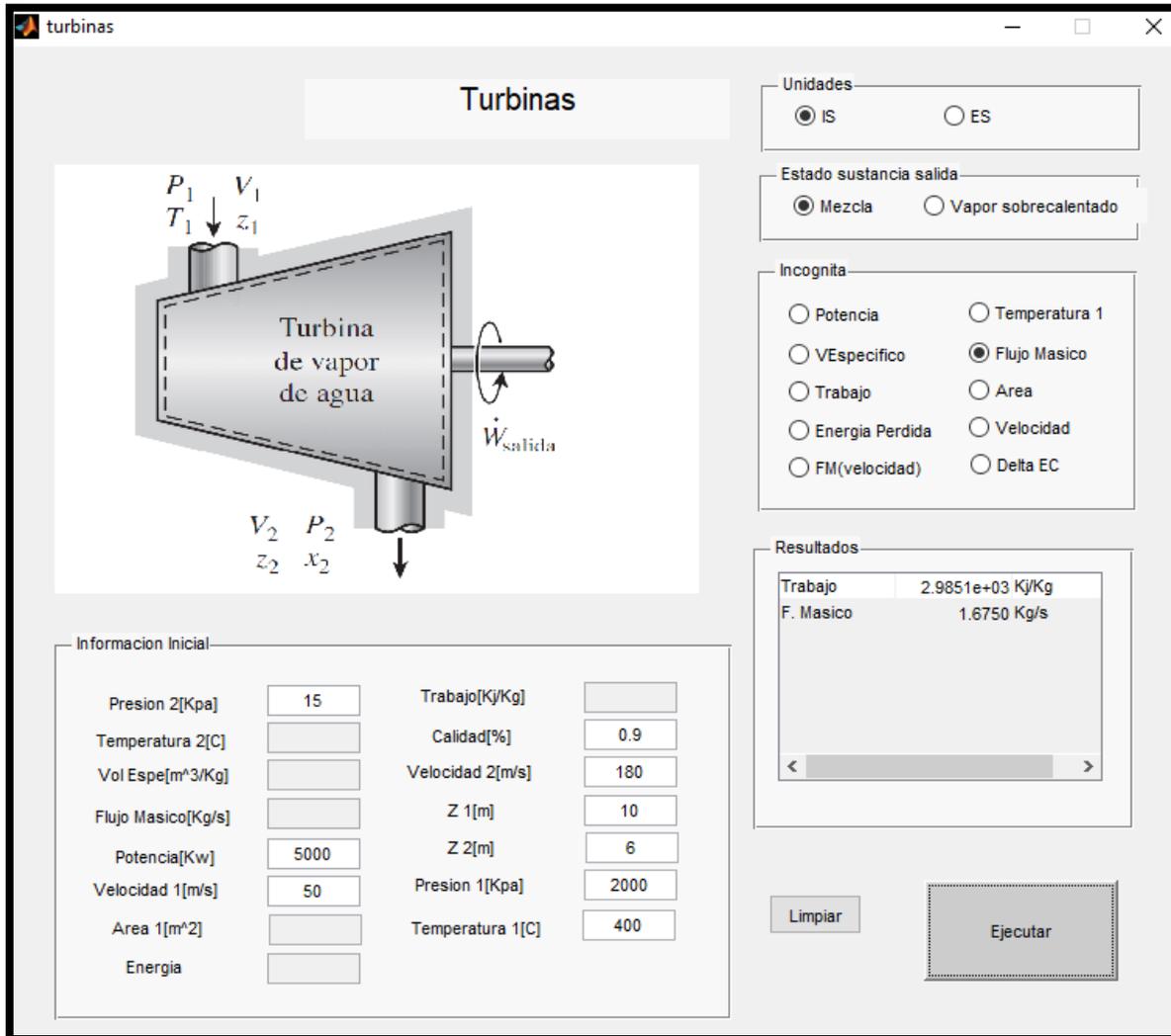
- Determine el trabajo hecho por unidad de masa del vapor de agua que fluye por la turbina.
- Calcule el flujo másico del vapor.

**Figura 46.** Variables de entrada y salida



**Fuente:** Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Figura 47.** Calculo de trabajo y flujo masico en turbinas



Fuente: Autores

### Descripción aplicativo difusor

En cuarto lugar, de izquierda a derecha en la primera fila se encuentra la opción de difusor, como se evidencia en la figura 47, es posible realizar diferentes cálculos dependiendo del tipo de ejercicio, valores entregados e incógnitas, ya que la resolución de ejercicios de difusor para el software termopro desarrollado en Matlab basado en el libro de Termodinámica octava edición de Yunus A. Cengel y la tipicidad de los ejercicios y problemáticas determinadas.

La interfaz del aplicativo para difusor, cuenta con diferentes opciones que son de gran utilidad a medida que se conocen los diferentes datos del ejercicio a resolver, como lo es en primera instancia las unidades, que son IS (internacional system) para sistema internacional y ES (english system) para sistema inglés. En segundo lugar, se selecciona la sustancia que requiere el ejercicio para resolverse, en dicho caso las opciones son: aire y vapor sobrecalentado, determinadas así por el tipo de dispositivo y ejercicios propuestos.

En tercer lugar, lleva a cabo a la selección de la incógnita que, requerida para dar solución al ejercicio, las incógnitas para un dispositivo de difusor son: “presión 1”, “Vespecifico” para volumen específico, “Area 1”, “Area (densidad)” para area hallada con una densidad dada, “flujo másico (densidad)” para flujo másico con una densidad dada”, “Area 2”, “velocidad 1”, “velocidad 2”, “Flujo volumétrico”, “Temperatura 2”, “Flujo másico” y “energía perdida.

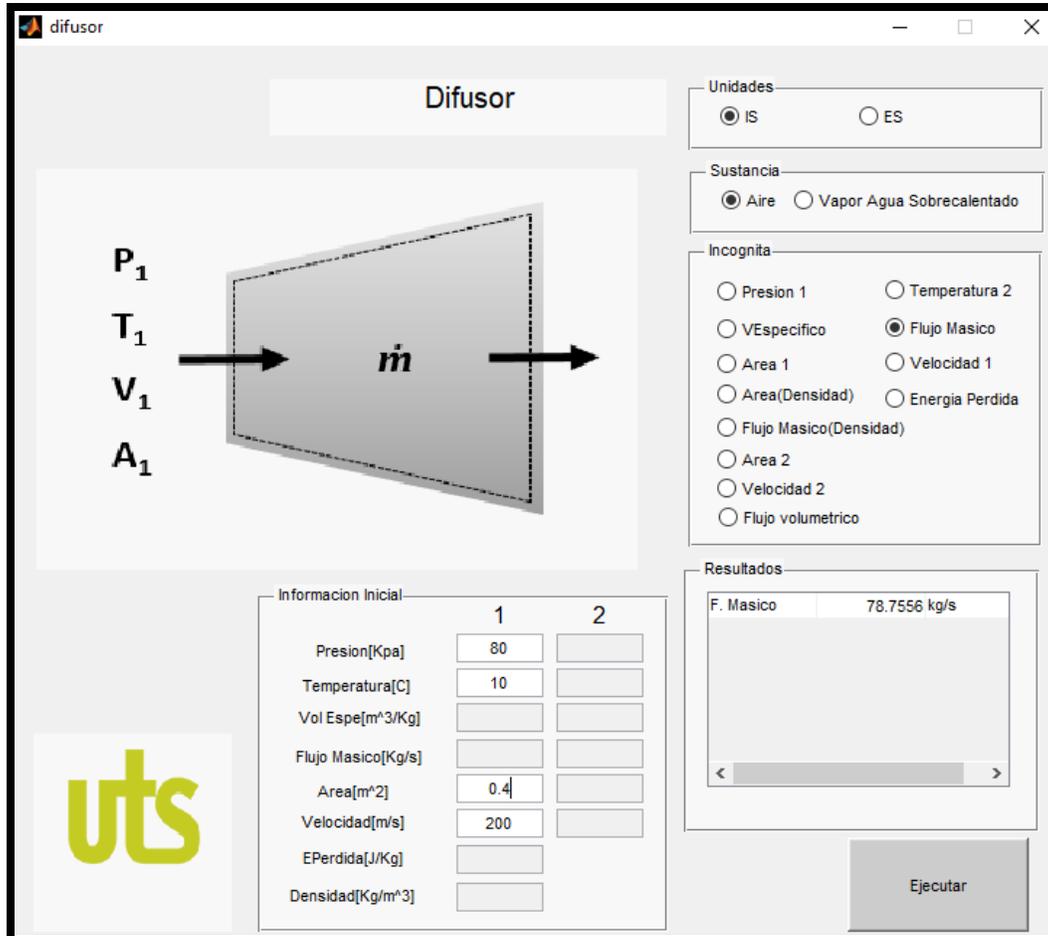
En cuarto lugar, en la parte inferior de la ilustración de un difusor ubicada la tabla de información inicial, que son los parámetros que se utilizan para la ejecución del ejercicio de difusor, están normalmente detallados en los enunciados de los ejercicios o en ilustraciones.

En la tabla de información inicial y dependiendo de la incógnita requerida, el programa tiene la facultad habilitar solo la información necesaria para resolver el ejercicio, evitando fallas de digitalización o confusiones y así facilitar la consignación de los valores iniciales, como se aprecia en la figura anterior los espacios habilitados quedan en color blanco y los bloqueados en color gris. Tener como precaución la consignación de datos y verificar las unidades descritas después de valores iniciales.

En la parte inferior derecha del aplicativo difusor, se encuentra ubicada la tabla de resultados en donde se logra visualizar la descripción, el valor y las unidades de

los valores requeridos. Debajo de los resultados se ubica un botón “limpiar” para borrar la información inicial que ya no sea requerida y posterior el botón de “ejecutar” para resolver el ejercicio con las variables y parámetros solicitados.

**Figura 48. Difusor**



**Fuente:** Autores

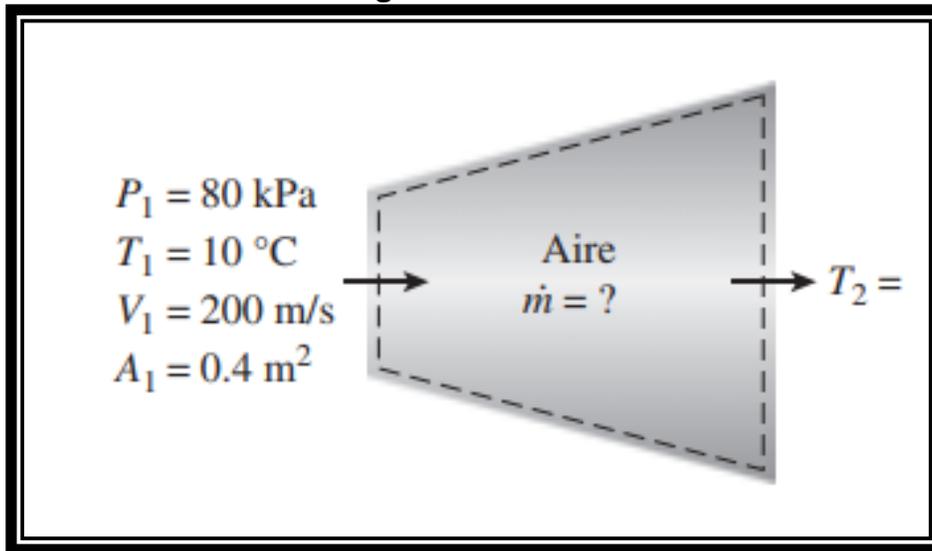
A continuación, se observa un ejercicio sacado del libro de Termodinámica 8va edición, Yunus A. Cengel que se utiliza a modo de ejemplo para la puesta en práctica del aplicativo difusor, en donde a partir de los valores iniciales dados y las incógnitas solicitadas se resuelve el ejercicio.

### Ejercicio de difusor

En el difusor de un motor de propulsión entra en régimen estacionario aire a  $10\text{ °C}$  y  $80\text{ kPa}$ , con una velocidad de  $200\text{ m/s}$ . El área de entrada al difusor es  $0.4\text{ m}^2$ . El aire sale del difusor con una velocidad que es muy pequeña comparada con la velocidad de entrada (ver figura 48 y 49). Determinar:

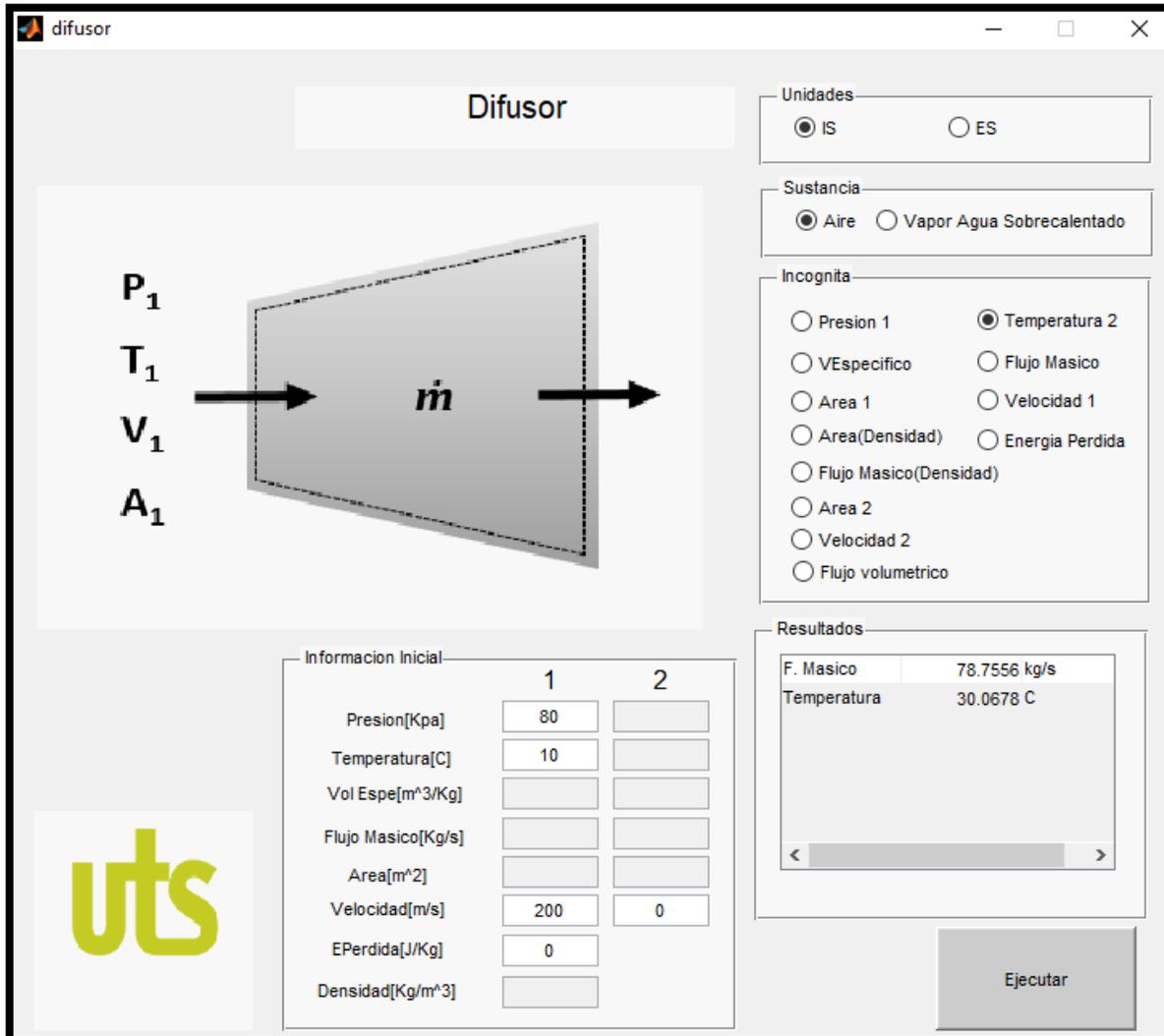
- El flujo másico del aire.
- La temperatura del aire que sale del difusor.

**Figura 49.** Difusor



**Fuente:** Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinamica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

Figura 50. Difusor



Fuente: Autores

### Descripción aplicativo Tubos

En primer lugar, de izquierda a derecha en la segunda fila se encuentra la opción de tubos, como se evidencia en las figuras 50 a 52, para dicho tipo de dispositivo es posible realizar diferentes cálculos dependiendo del tipo de ejercicio, valores entregados e incógnitas, ya que la resolución de ejercicios de difusor para el software termopro desarrollado en Matlab basado en el libro de Termodinámica

octava edición de Yunus A. Cengel y la tipicidad de los ejercicios y problemáticas determinados.

La interfaz del aplicativo para tubos, cuenta con diferentes opciones que son de gran utilidad a medida que se conocen los diferentes datos del ejercicio de dicho tipo a resolver, como lo es en primera instancia las unidades, que son IS (internacional system) para sistema internacional y ES (english system) para sistema inglés.

En segundo lugar, se selecciona el estado final que requiere el ejercicio para resolverse, en el presente caso las opciones son: aire y vapor sobrecalentado, determinadas así por el tipo de dispositivo y ejercicios propuestos. En tercer lugar, lleva a cabo a la selección de la incógnita que, requerida para dar solución al ejercicio, las incógnitas para un dispositivo de tubos son: “Flujo volumétrico”, “V. Especifico”, “Flujo másico (vel) para flujo másico hallado con velocidad”, “energía perdida”, “flujo volumetrico (fm)” para flujo volumetrico hallado con flujo másico, “velocidad”, “Area”, “Diámetro” y “Flujo másico”.

En cuarto lugar, en la parte inferior de la ilustración de tubos ubicada la tabla de información inicial, que son los parámetros que se utilizan para la ejecución del ejercicio de tubos, los cuales están normalmente detallados en los enunciados de los ejercicios o en sus ilustraciones. En la tabla de información inicial y dependiendo de la incógnita requerida, el programa tiene la facultad habilitar solo la información necesaria para resolver el ejercicio, evitando fallas de digitalización o confusiones y así facilitar la consignación de los valores iniciales, como se aprecia en la figura anterior los espacios habilitados quedan en color blanco y los bloqueados en color gris. Tener como precaución la consignación de datos y verificar las unidades descritas después de valores iniciales.

En la parte inferior derecha de la interfaz del aplicativo tubo, se encuentra ubicada la tabla de resultados en donde se logra visualizar la descripción, el valor y las unidades de los valores requeridos. Debajo de los resultados se ubica un botón “limpiar” para borrar la información inicial que ya no sea requerida y posterior el botón de “ejecutar” para resolver el ejercicio con las variables y parámetros solicitados.

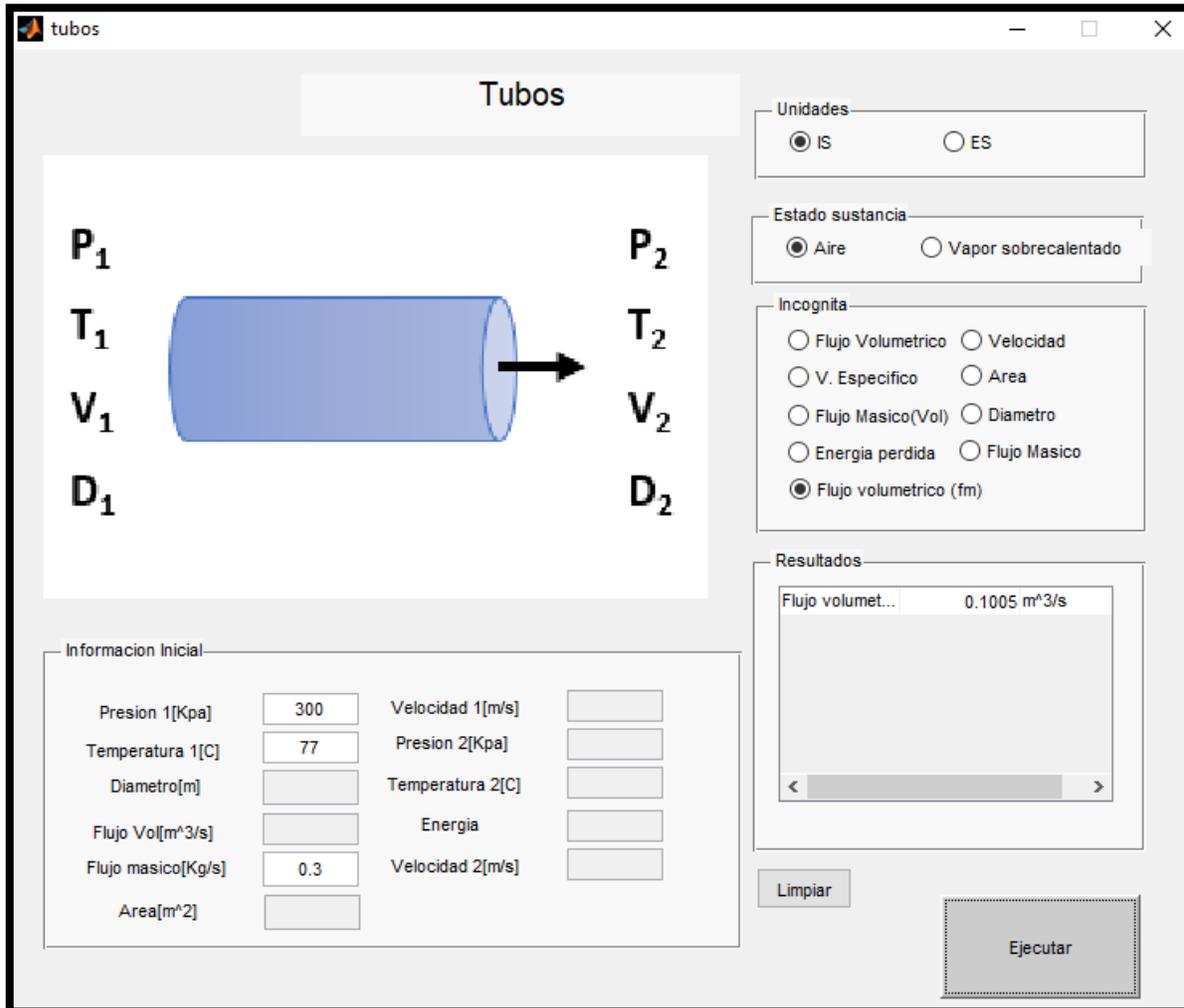
A continuación, se observa un ejercicio sacado del libro de Termodinámica octava edición de Yunus A. Cengel que se utiliza a modo de ejemplo para la puesta en práctica del aplicativo difusor, en donde a partir de los valores iniciales dados y las incógnitas solicitadas se resuelve el ejercicio.

### **Ejercicio de tubos**

Por un tubo pasa aire en flujo constante, a 300 kPa, 77 °C y 25 m/s, a una tasa de 18 kg/min. Determine:

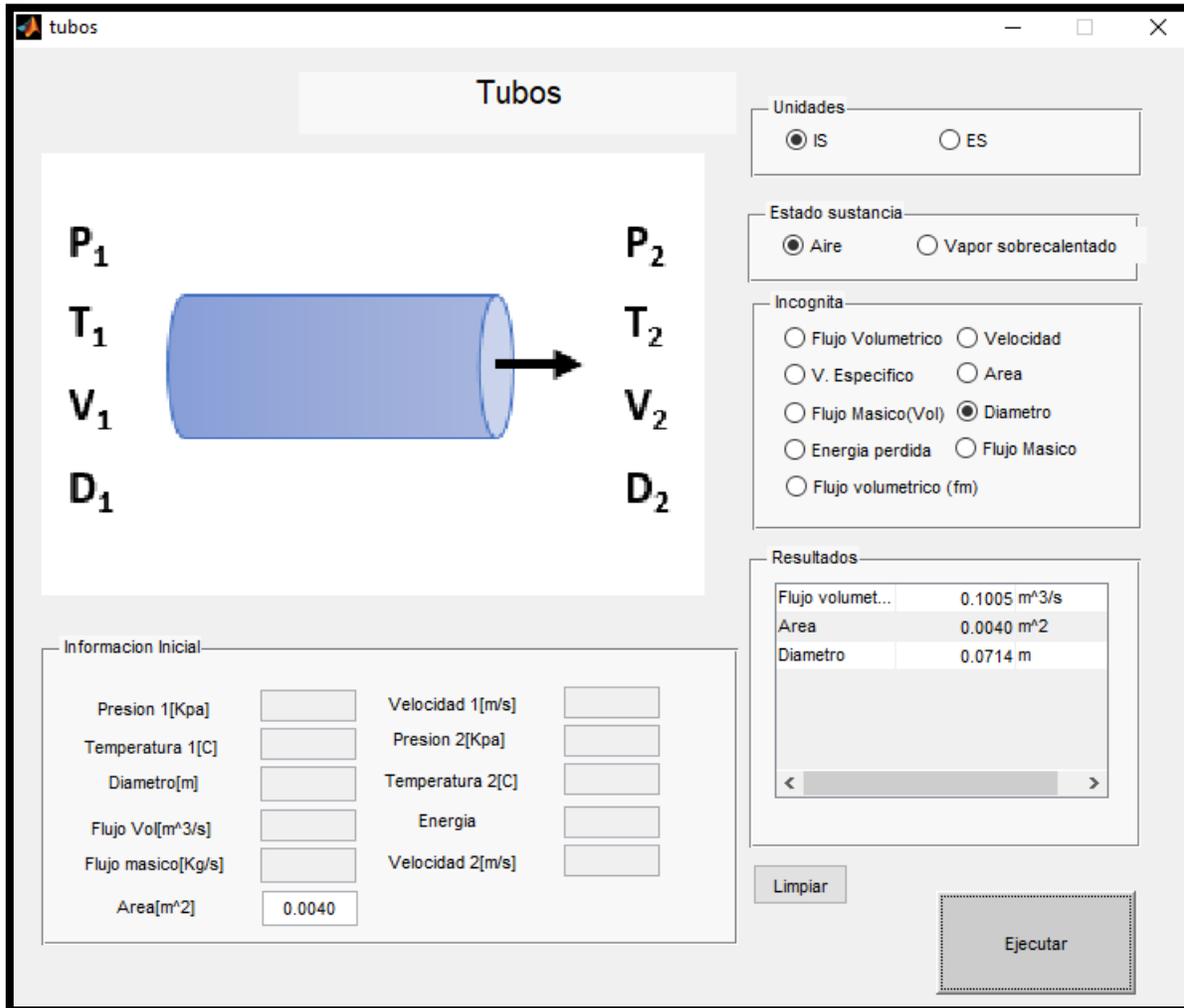
- a) El diámetro del tubo.
- b) la tasa de energía de flujo.

**Figura 51.** Calculo de flujo volumétrico tubos



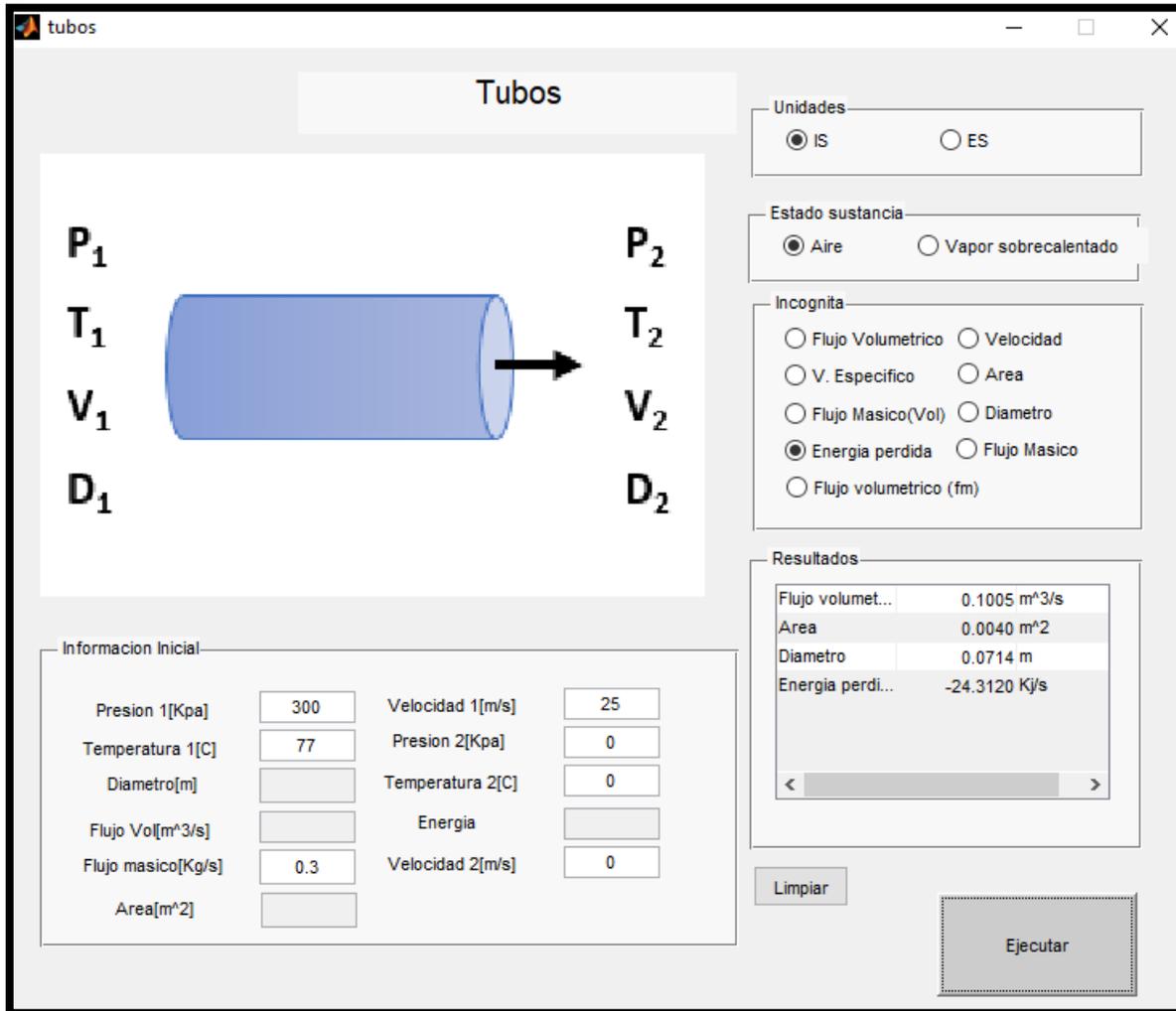
Fuente: Autores

**Figura 52.** Area y diámetro de tubería



Fuente: Autores

**Figura 53.** Calculo de energía perdida



Fuente: Autores

### Descripción aplicativo compresor

En segundo lugar de izquierda a derecha en la segunda fila se encuentra la opción de compresor, como se evidencia en las figuras 53 y 54, para dicho tipo de dispositivo es posible realizar diferentes cálculos dependiendo del tipo de ejercicio, valores entregados e incógnitas, ya que la resolución de ejercicios de compresor para el software termopro desarrollado en Matlab basado en el libro de

Termodinámica octava edición de Yunus A. Cengel y la tipicidad de los ejercicios y problemáticas determinadas.

La interfaz del aplicativo para compresor, cuenta con diferentes opciones que son de gran utilidad a medida que se conocen los diferentes datos del ejercicio a resolver, como lo es en primera instancia las unidades, que son IS (internacional system) para sistema internacional y ES (english system) para sistema inglés.

En segundo lugar, lleva a cabo a la selección de la incógnita que, requerida para dar solución al ejercicio, las incógnitas para un dispositivo de compresor son: "H entrada" para entalpia de entrada, "H salida" para entalpia de salida, "potencia de entrada", "Flujo volumetrico", "Trabajo", Energía perdida", "F. másico (potencia)" y "F. másico (F. Vol)"

En tercer lugar, en la parte inferior de la ilustración de compresor ubicada la tabla de información inicial, que son los parámetros que se utilizan para la ejecución del ejercicio de compresor, están normalmente detallados en los enunciados de los ejercicios o en sus ilustraciones. En la tabla de información inicial y dependiendo de la incógnita requerida, el programa tiene la facultad habilitar solo la información necesaria para resolver el ejercicio, evitando fallas de digitalización o confusiones y así facilitar la consignación de los valores iniciales, como se aprecia en la figura anterior los espacios habilitados quedan en color blanco y los bloqueados en color gris. Tener como precaución la consignación de datos y verificar las unidades descritas después de valores iniciales.

En la parte inferior derecha de la interfaz del aplicativo compresor, se encuentra ubicada la tabla de resultados en donde se logra visualizar la descripción, el valor y las unidades de los valores requeridos. Debajo de los resultados se ubica un botón "limpiar" para borrar la información inicial que ya no sea requerida y posterior el botón de "ejecutar" para resolver el ejercicio con las variables y parámetros solicitados.

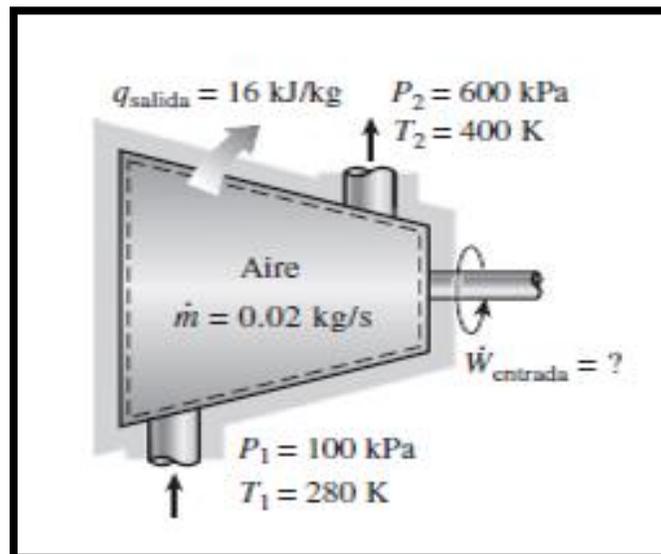
A continuación, se observa un ejercicio sacado del libro de Termodinámica octava edición de Yunus A. Cengel que se utiliza a modo de ejemplo para la puesta en práctica del aplicativo compresor, en donde a partir de los valores iniciales dados y las incógnitas solicitadas se resuelve el ejercicio.

### Ejercicio de compresor

Aire a 100 KPa y 280 K se comprime en régimen estacionario hasta 600 Kpa y 400 K. El flujo másico del aire es 0.02 kg/s y ocurre una pérdida de calor de 16 kJ/kg durante el proceso. Si se supone que los cambios de energía cinética y potencial son insignificantes, determine:

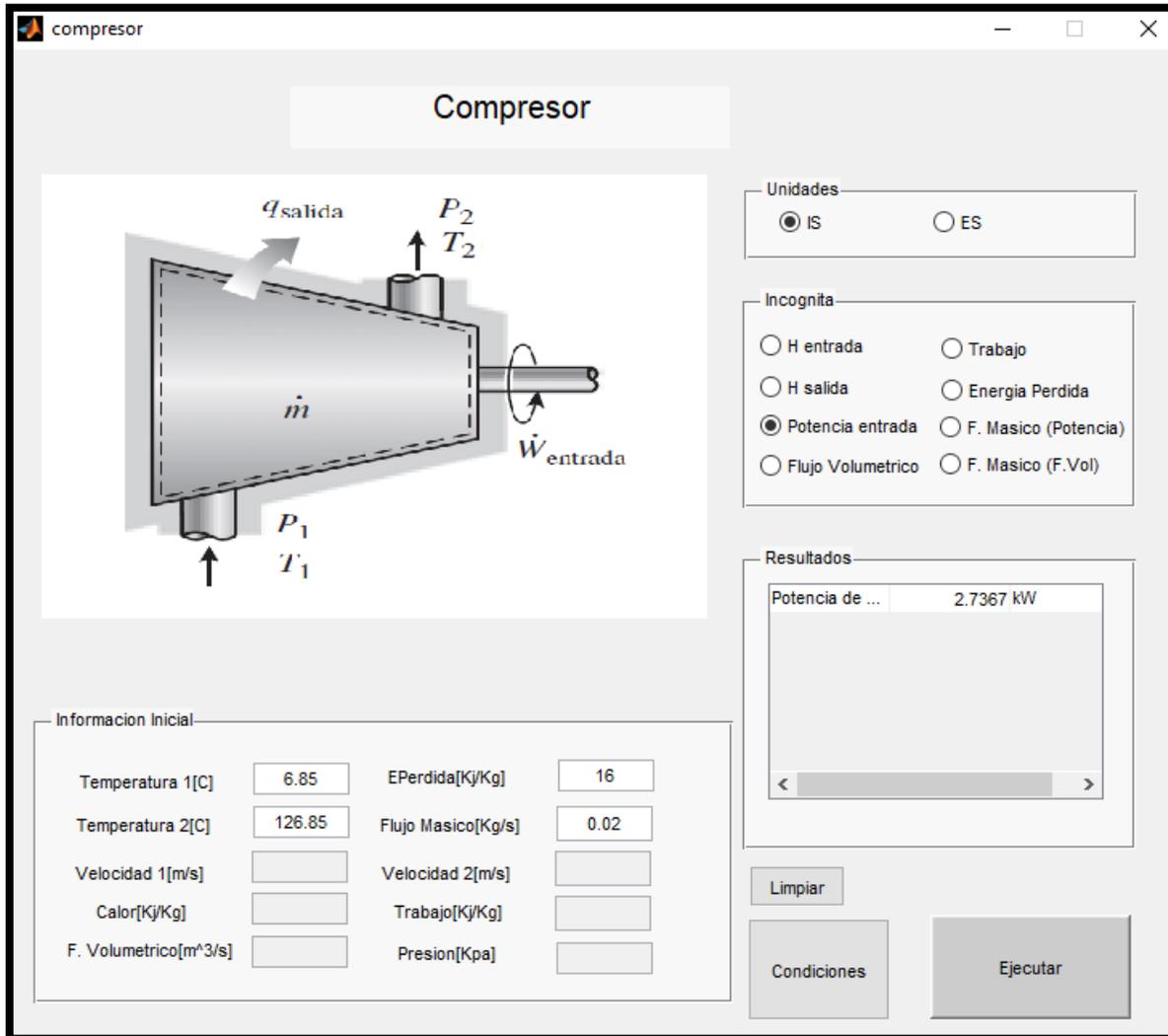
- a) la entrada de potencia necesaria al compresor.

**Figura 54.** Compresor



**Fuente:** Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

Figura 55. Potencia compresor



Fuente: Autores

### Descripción aplicativo intercambiador de calor

En tercer lugar de izquierda a derecha en la segunda fila se encuentra la opción de intercambiador de calor, como se evidencia en las figuras 55 y 56, para el tipo de dispositivo es posible realizar diferentes cálculos dependiendo del tipo de ejercicio, valores entregados e incógnitas, ya que la resolución de ejercicios de difusor para el software termopro desarrollado en Matlab basado en el libro de

Termodinámica octava edición de Yunus A. Cengel y la tipicidad de los ejercicios y problemáticas determinadas.

La interfaz del aplicativo para intercambiador de calor, cuenta con diferentes opciones que son de gran utilidad a medida de que se conocen los diferentes datos del ejercicio a resolver, como lo es en primera instancia seleccionar la sustancia y el estado para la salida y la entrada de los fluidos A y B que requiere el ejercicio para resolverse, las opciones son: Vapor de agua saturado, líquido de agua saturado, Mezcla saturada de agua y aire determinadas así por el tipo de dispositivo y ejercicios propuestos.

En segundo lugar, se selecciona las unidades, que son IS (internacional system) para sistema internacional y ES (english system) para sistema inglés. En tercer lugar, lleva a cabo a la selección de la incógnita que, requerida para dar solución al ejercicio, las incógnitas para un dispositivo de intercambiador de calor son: “Energía transferida” “Flujo volumétrico”, “Temperatura 4”, “Flujo másico B” y “Flujo másico (flujo vol)” hallado por flujo volumétrico dado.

En cuarto lugar, en la parte inferior de la ilustración de intercambiador de calor se encuentra ubicada la tabla de información inicial, que son los parámetros que se utilizan para la ejecución del ejercicio de intercambiador de calor, están normalmente detallados en los enunciados de los ejercicios o en sus ilustraciones. En la tabla de información inicial y dependiendo de la incógnita requerida, el programa tiene la facultad habilitar solo la información necesaria para resolver el ejercicio, evitando fallas de digitalización o confusiones y así facilitar la consignación de los valores iniciales, como se aprecia en la figura anterior los espacios habilitados quedan en color blanco y los bloqueados en color gris. Tener como precaución la consignación de datos y verificar las unidades descritas después de valores iniciales.

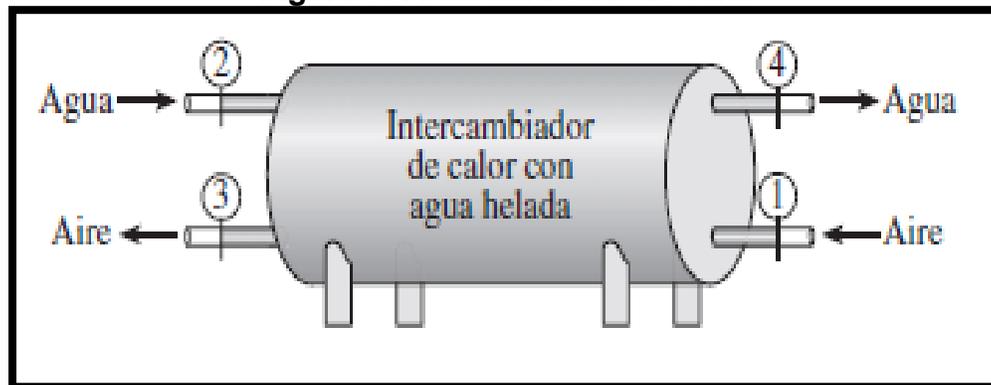
En la parte inferior derecha de la interfaz del aplicativo intercambiador de calor, se encuentra ubicada la tabla de resultados en donde se logra visualizar la descripción, el valor y las unidades de los valores requeridos. Debajo de los resultados se ubica un botón “limpiar” para borrar la información inicial que ya no sea requerida y posterior se encuentra el botón de “ejecutar” para resolver el ejercicio con las variables y parámetros solicitados.

A continuación, se observa un ejercicio sacado del libro de Termodinámica octava edición de Yunus A. Cengel que se utiliza a modo de ejemplo para la puesta en práctica del aplicativo intercambiador de calor, en donde a partir de los valores iniciales dados y las incógnitas solicitadas se resuelve el ejercicio.

### Ejercicio de intercambiador de calor

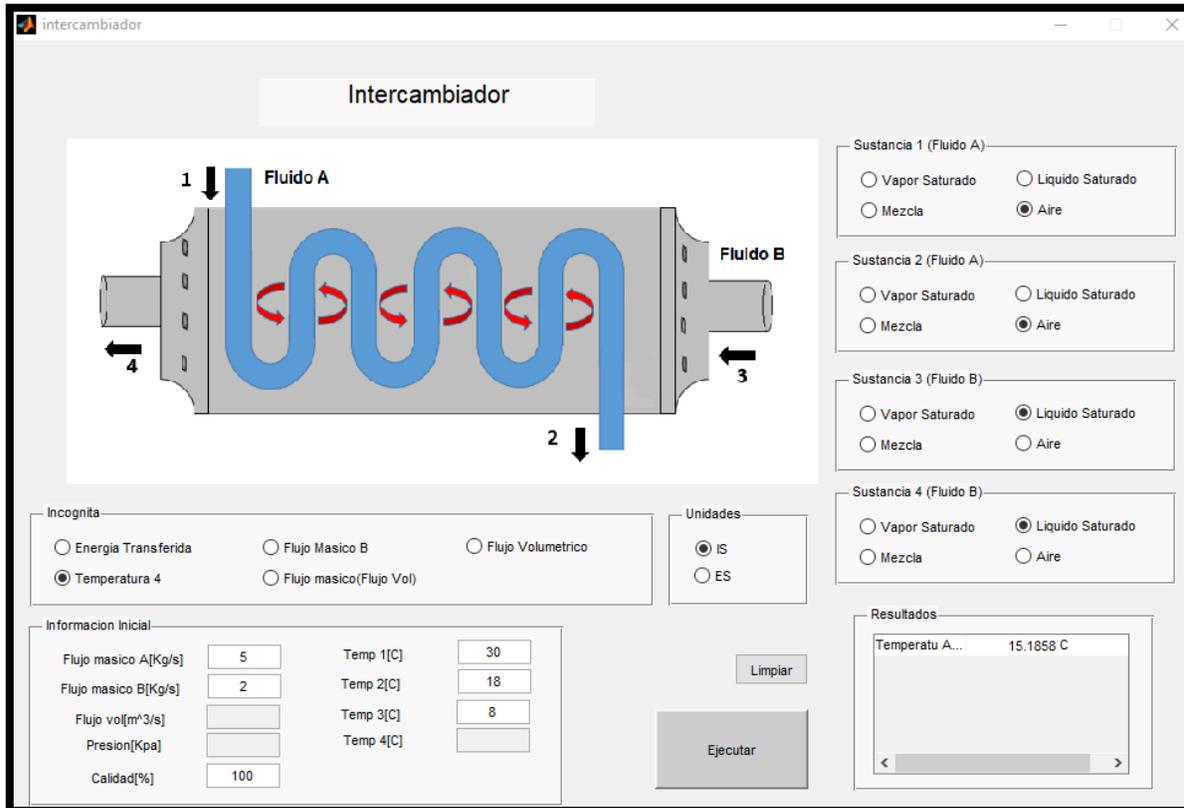
Se diseña una unidad de intercambiador de calor con agua helada, para enfriar 5 m<sup>3</sup>/s de aire a 100 kPa y 30°C, hasta 100 kPa y 18°C, usando agua helada a 8°C. Determine: La temperatura máxima del agua a la salida, cuando su tasa de flujo es de 2 kg/s.

**Figura 56.** Intercambiador de calor



**Fuente:** Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL

**Figura 57. Intercambiador de calor**



Fuente: Autores

### Calculadora termodinámica

En cuarto lugar, de izquierda a derecha en la segunda fila se encuentra la opción de la calculadora termodinámica, como se evidencia en la figura 57, basado en las tablas de propiedades termodinámicas del agua y gas ideal del aire del libro de Termodinámica octava edición de Yunus A. Cengel.

**Figura 58.** Calculadora de propiedades

The screenshot shows a software window titled "CALCULADORA DE PROPIEDADES" with the following elements:

- Radio buttons for state selection:**
  - Estado temperatura IS
  - Estado temperatura ES
  - Estado volumen especifico IS
  - Estado volumen especifico ES
  - Estado entalpia IS
  - Estado entalpia ES
  - Estado energia interna IS
  - Estado energia interna ES
  - Vapor de agua sobrecalentado IS
  - Vapor de agua sobrecalentado ES
  - Agua saturada IS
  - Agua saturada ES
  - Gas ideal Aire IS
  - Gas ideal Aire ES
- Input fields:**
  - Presion:  1000 kPa
  - Temperatura:  40 Celcius
  - Volumen especifico:  m<sup>3</sup>/kg
  - Entalpia:  kJ/kg
  - Energia interna:  kJ/kg
- Results Table:**

Resultados	
Volumen Esp...	0.1063 m <sup>3</sup> /Kg
Entalpia	2.4007e+03 KJ/Kg
Entropia	5.6645 KJ/Kg-K
Energia Interna	2.2944e+03 KJ/Kg
- Buttons:** "Calcular" (highlighted with a dashed border) and "Limpiar".

Fuente: Autores

En el ejemplo de la figura 58 se puede observar que se ha seleccionado la opción de vapor de agua sobrecalentado IS (sistema internacional) calculando los resultados de volumen específico, entalpia, entropía y energía interna a una presión de 1000 kPa y temperatura de 400 °C.

**Figura 59.** Propiedades agua saturada IS

The screenshot shows a software window titled "CALCULADORA DE PROPIEDADES". It features a list of radio buttons for selecting different states and units: "Estado temperatura IS", "Estado temperatura ES", "Estado volumen especifico IS", "Estado volumen especifico ES", "Estado entalpia IS", "Estado entalpia ES", "Estado energia interna IS", "Estado energia interna ES", "Vapor de agua sobrecalentado IS", "Vapor de agua sobrecalentado ES", "Agua saturada IS" (selected), "Agua saturada ES", "Gas ideal Aire IS", and "Gas ideal Aire ES". Below this, there are input fields for "Presion" (1000 kPa), "Temperatura" (empty), "Volumen especifico" (empty), "Entalpia" (empty), and "Energia interna" (empty). A "Seleccione la propiedad" section contains radio buttons for "P/T", "Vf", "Vg", "Uf", "Ufg", "Ug", "Hf" (selected), "Hfg", "Hg", "Sf", "Sfg", and "Sg". A "Resultados" box displays "Entalpia. Liq ... 762.4664 Kj/Kg". There are "Calcular" and "Limpiar" buttons.

**Fuente:** Autores

En el ejemplo de la figura 59 se puede observar que se ha seleccionado la opción de agua saturada IS (sistema internacional) teniendo la posibilidad de calcular hasta 13 resultados (Presion, temperatura, Vf, Vg, Uf, Ufg, Ug, Hf, Hfg, Hg, Sf, Sfg

y Sg) teniendo a la presión y temperatura como variables independientes, por lo cual se puede obtener resultados con una o con otra.

**Figura 60.** Propiedades Gas ideal aire IS

The screenshot shows a software application window titled "CALCULADORA DE PROPIEDADES" (Property Calculator). The window has a standard Windows-style title bar with the text "calc" and window control buttons. The main content area contains several radio button options for different states and substances. The "Gas ideal Aire IS" option is selected. Below the options are input fields for "Presion" (empty), "Temperatura" (360), "Volumen especifico" (empty), "Entalpia" (empty), and "Energia interna" (empty). Each input field has a unit label to its right: kPa, Kelvin, m<sup>3</sup>/kg, kJ/kg, and kJ/kg respectively. At the bottom left, there is a "Resultados" (Results) section with a table showing "Energia Interna" as 257.4641 Kj/Kg and "Entalpia" as 360.7946 Kj/Kg. To the right of the results table are two buttons: "Calcular" (highlighted with a dashed border) and "Limpiar" (highlighted with a solid border).

**Fuente:** Autores

En el ejemplo de la figura 60 se puede observar que se ha seleccionado la opción de Gas ideal del aire IS (sistema internacional) calculando los resultados de Entalpia y energía interna a una temperatura 360 °K.

**Figura 61. Estado IS**

The screenshot shows a software window titled "CALCULADORA DE PROPIEDADES" with the following elements:

- Radio buttons for state selection:**
  - Estado temperatura IS
  - Estado temperatura ES
  - Estado volumen especifico IS
  - Estado volumen especifico ES
  - Estado entalpia IS
  - Estado entalpia ES
  - Estado energia interna IS
  - Estado energia interna ES
  - Vapor de agua sobrecalentado IS
  - Vapor de agua sobrecalentado ES
  - Agua saturada IS
  - Agua saturada ES
  - Gas ideal Aire IS
  - Gas ideal Aire ES
- Input fields:**
  - Presion: 300 kPa
  - Temperatura: 135 Celcius
  - Volumen especifico: [ ] m<sup>3</sup>/kg
  - Entalpia: [ ] kJ/kg
  - Energia interna: [ ] kJ/kg
- Results Table:**

Resultados		
Liquido satur...	300	130
Vapor satur...	300	133.5200
Vapor sobre...	300	135
- Buttons:**
  - Calculador** (highlighted with a dashed border)
  - Limpiar

Fuente: Autores

En el ejemplo de la figura 60 se puede observar que se ha seleccionado la opción de Estado del agua IS (sistema internacional) determinando los estados del agua a una presión de 300 kPa y una temperatura de °C determinando así si se encuentra en agua líquida saturada, vapor de agua saturada o vapor de agua sobrecalentada.

**3.3.1. Evidencia de actividades realizadas con los estudiantes de tecnología e ingeniería electromecánica con el fin de identificar los beneficios del software.**

El cumplimiento del objetivo se ve culminado con la elaboración de actividades con los estudiantes de tecnología e ingeniería electromecánica en el aula de informática, donde se realizaron distintos ejercicios, orientados a verificar el correcto funcionamiento del software. Adicionalmente, se desarrollo una encuesta antes y después de utilizar el sistema para identificar los beneficios del software (ver figura 61 a 70).

**Figura 62.** Evidencia estudiantes ingeniería y tecnología electromecánica



**Fuente:** Autor

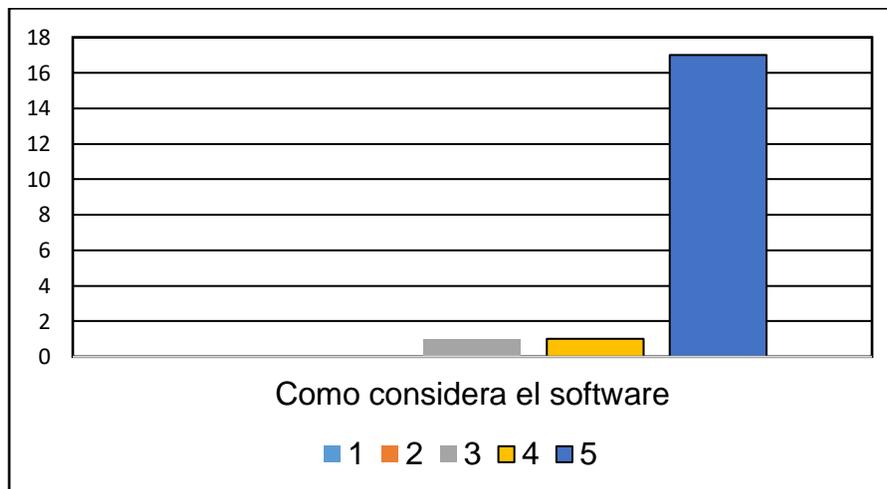
**Figura 63.** Evidencia fotografía ingeniería y tecnología electromecánica



Fuente: Autor

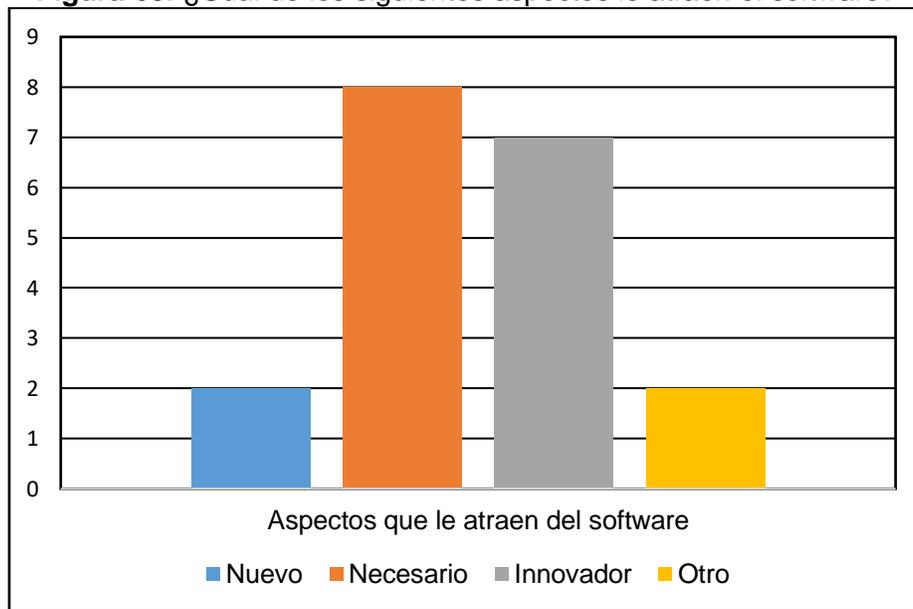
- **Análisis estadístico encuesta antes de utilizar el software**

**Figura 64.** En una escala del 1 al 5, donde 1 es “nada interesante” y 5 “muy interesante”.  
 ¿Cómo considera el software?



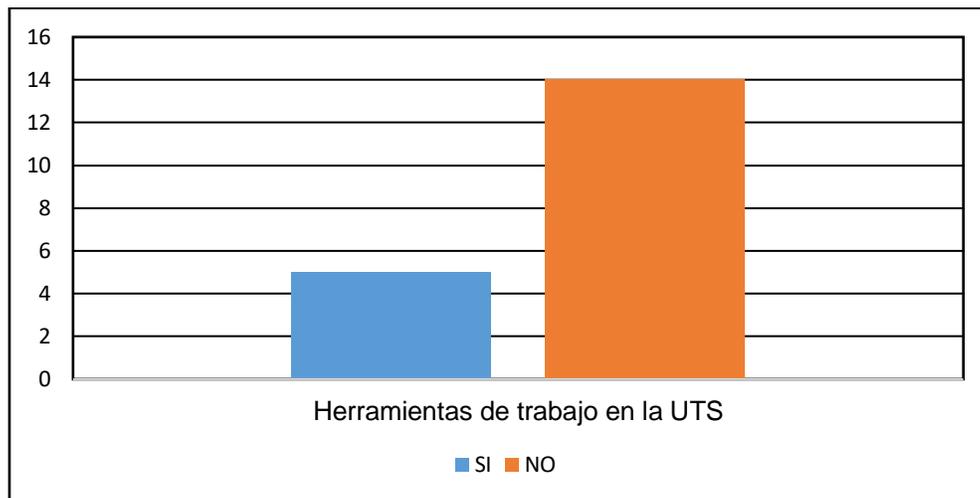
Fuente: Autor

**Figura 65.** ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen el software?



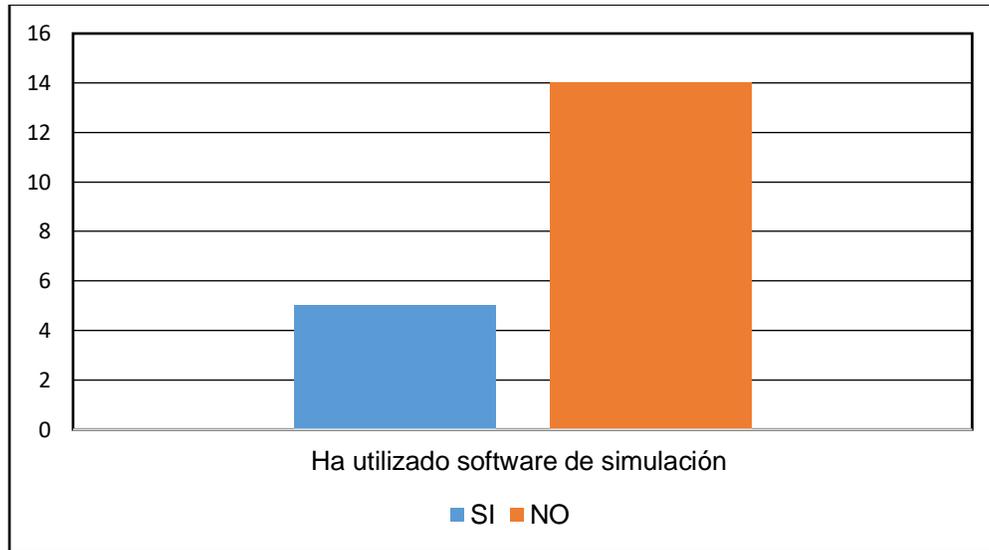
Fuente: Autor

**Figura 66.** ¿Considera que cuenta con las herramientas necesarias para el aprendizaje en la asignatura de termodinamica?



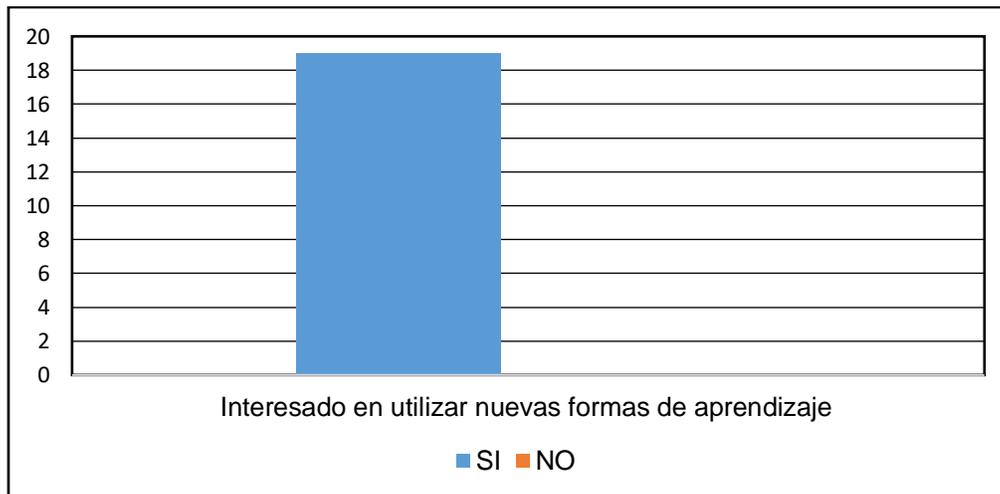
Fuente: Autor

**Figura 67.** ¿Conoce o ha utilizado un software de simulación de procesos termodinámicos?



Fuente: Autor

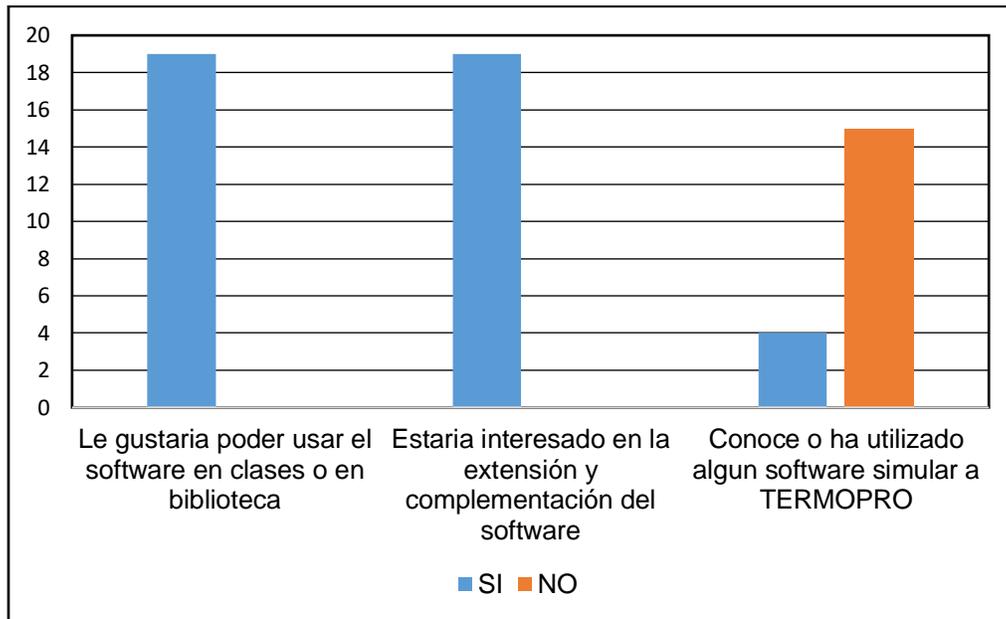
**Figura 68.** Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje



Fuente: Autor

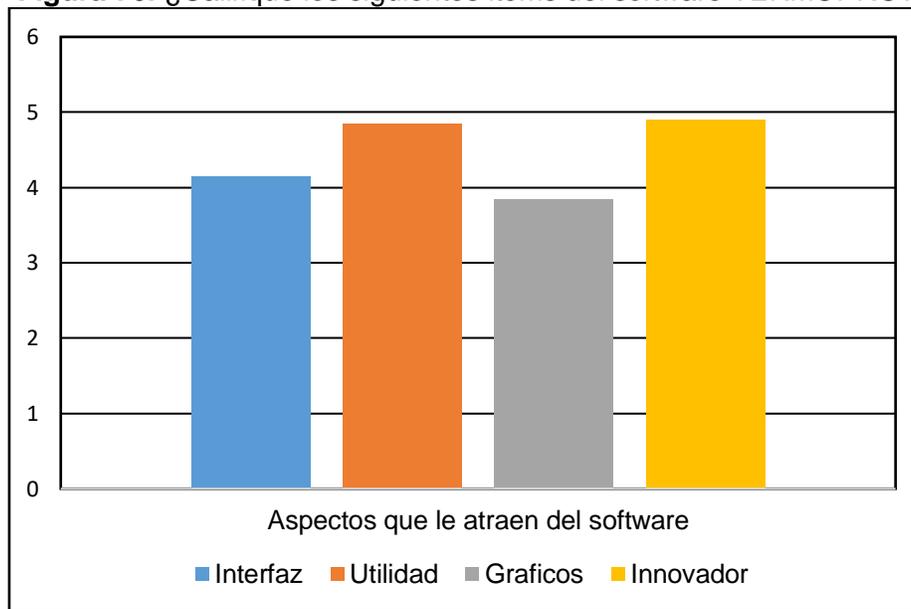
- **Análisis estadístico después de utilizar el software**

**Figura 69.** Pregunta 1 - 3



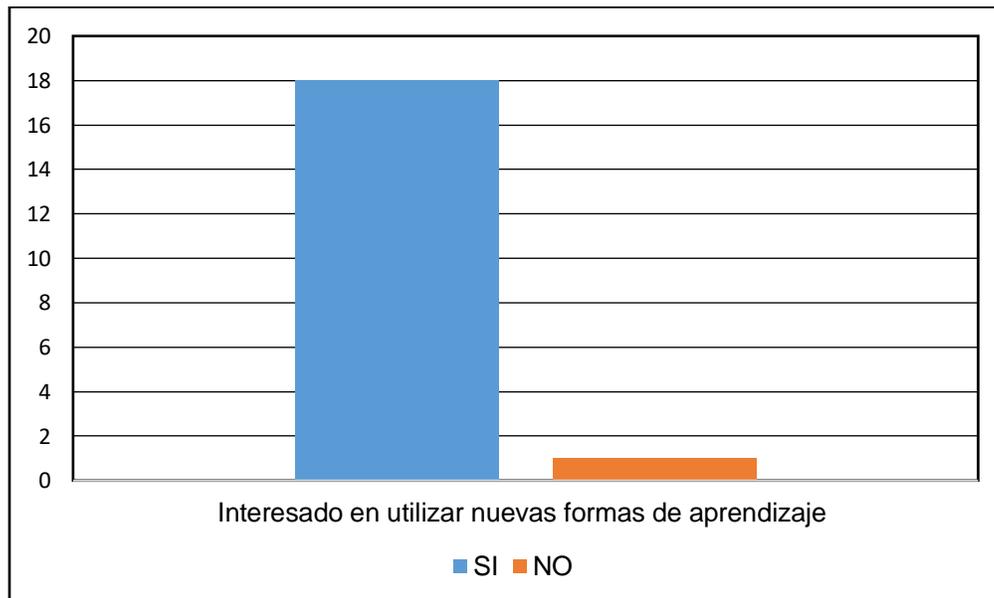
**Fuente:** Autor

**Figura 70.** ¿Califique los siguientes items del software TERMOPRO?



Fuente: Autor

**Figura 71.** ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?



Fuente: Autor

#### 4. RESULTADOS

Como resultado se desarrolla la arquitectura de un software para la simulación de procesos termodinámicos, para el proceso computarizado de los problemas matemáticos que se imparten en la asignatura termodinámica a los estudiantes de electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja, que contribuirá con el nivel académico de la Institución.

Además, se presenta un modelo de guía junto con la codificación y arquitectura de las diferentes leyes termodinámicas otorgando la facilidad de dar un manejo óptimo a las ventajas que ofrece un software computarizado socializando los parámetros de instalación y uso.

Se hace entrega a las Unidades Tecnológicas de Santander regional Barrancabermeja un proyecto investigativo el cual se estructura con la descripción puntual del software empleado en el que se evidencia el diagnóstico realizado a los estudiantes de electromecánica de la institución, además de una guía práctica compuesta por imágenes y descripciones que dan acceso a la verificación de cada paso de instalación y la forma de cómo hacer uso de él. La implementación del sistema computacional conlleva a mejorar notoriamente el orden de las actividades de control por el docente encargado de la asignatura.

## 5. CONCLUSIONES

Se desarrolló un software en Matlab el cual permite el estudio de procesos termodinámicos. Se emplea específicamente en la cátedra de termodinámica de tal forma que los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander logren el análisis de los resultados obtenidos con los calculados teóricamente.

El diseño es elaborado a través de un conjunto de herramientas permite la simulación de procesos termodinámicos, debido a que existía la necesidad de la creación de una base de datos la cual permitiera el análisis de las tablas y las variables físicas, se determinó que brinda la respuesta a problemas termodinámicos, los cuales implican el desarrollo de extensos cálculos.

Se concluyó que el lenguaje de programación Matlab permite la creación de la estructura e interfaz, la operación de matrices, datos y funciones, y la ejecución de algoritmos lo que permite la interacción de los estudiantes de tecnología e ingeniería electromecánica mediante funciones que les permiten observar los datos en 2D y 3D, lo que genera una manera de aprendizaje más sencilla y segura.

Además, posee modelos matemáticos y algoritmos que determinan el procedimiento termodinámico de los fluidos, basándose en principios fundamentales como la primera y segunda ley de la termodinámica. Se verificó el correcto funcionamiento del programa comparando sus resultados con casos reportados en el marco referencial y trabajos de investigación hallando desviaciones de menor grado.

Se creó un manual paso a paso para la correcta operación del software, el cual fue ejecutado con los estudiantes de la tecnología e ingeniería electromecánica como se observa a partir del anexo 1 para identificar los beneficios que ofrece el software, con la intención de crear o anexar información conforme al tema a la

base de datos para los alumnos de las Unidades Tecnológicas de Santander, sede Barrancabermeja. Permitiendo plantear diversidad de casos que amplían y sustentan el conocimiento en el área termodinámica por lo que se cuenta con una herramienta versátil con no solo la posibilidad de trabajar con lo que ya contempla el programa sino también poder realizar las modificaciones necesarias de manera de incorporar modelos para ampliar sus funciones ya existentes.

## 6. RECOMENDACIONES

Se recomienda tener en cuenta las variables que se utilizaran en las mediciones mediante el uso del software TermoPro tales como, variación de la temperatura, presión, masa, área, etc. Con el fin de poder obtener datos similares a los que suceden en condiciones naturales y mediante el uso de los métodos observar desde otra perspectiva la comprensión de los procesos termodinámicos.

En Matlab se recomienda siempre que sea viable utilizar las ecuaciones vectoriales en lugar de hacer cálculos escalares repetitivos, Por ejemplo, suma=sum(vector), en lugar de:

```
suma=0
for i=1:n
suma=suma+vector(i)
end
```

También siempre que sea posible crear los vectores y matrices mediante las funciones predestinadas para dicho fin, en lugar de agregarle elementos uno por uno a través de los ciclos, Vector=zeros(1,n) en lugar de:

```
for i=1:n
vector(i)=0
end
```

Es importante tener en cuenta que en el momento de manipular la herramienta “calculadora termodinámica” del software TermoPro se debe ser preciso con las cantidades de las unidades que se tienen presente para realizar la conversión de lo contrario será imposible efectuar la acción ya que se encuentra configurada para obtener toda la información contenida en las tablas termodinámicas de la Figura 1 a la 20. Se recomienda hacer uso de dicha herramienta ya que brinda

gran ayuda a los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander, facilitando el uso del software.

## BIBLIOGRAFÍA

- Camacho, I. (2003). Desarrollo de software para la predicción de propiedades termodinámicas de compuestos puros. Mexico: UDLAP.
- Casado, C. (2009). Manual básico de Matlab. España: Servicios Informáticos U.C.M.
- Cengel, Y., & Boles, M. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc-GRAW-HILL.
- Contreras, J. (2008). Simulación de procesos termodinámicos en una vivienda. Bogotá: Universidad Nacional.
- Cortez, C., & Saballos, N. (2017). Aplicación del programa COCO Simulator, en la simulación de componentes de procesos de industrias químicas del salvador. Salvador: Universidad del Salvador.
- Gomez, T. (2010). Termodinámica técnica. España: Universitarias de Zaragoza.
- Guillén, J. (2013). Informática industrial. México: Digital Tecnológico de Monterrey.
- ISO-9000-3. (2005). Modelo de la calidad para el desarrollo de software. Ginebra: ISO.
- Lugo, L. (2016). Desarrollo de un software para la simulación de procesos aplicados a la termodinámica. Venezuela: Universidad de Carabobo.
- Martinez, V. (2003). Simulación de procesos en ingeniería química. Mexico: Plaza y valdes.
- Mogollon, C., & Bracho, J. (2007). Programa de simulación de ciclos termodinámicos de plantas de vapor. Venezuela: Universidad de los Andes.
- Molina, J., & Buendía, M. (2010). Programación Gráfica para Ingenieros. Barcelona: Marcombo.
- NTC.ISO-9001. (2008). Sistemas de gestión de la calidad. Colombia: Icontec.

- NTC-5420-1. (2006). Calidad del producto de software. Colombia: Icontec.
- Posada, M., & Zapata, N. (2006). Metodología para la aplicación de simuladores de procesos para ingeniería de procesos. Medellín: Universidad EAFIT.
- Ramirez, M. (2005). Desarrollo de módulos de simulación de procesos termodinámicos en ingeniería química. Salvador: Universidad el Salvador.
- Sears, F. (2002). Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística. Barcelona: Reverte.
- Trillos, O. (2015). Simulación de sistemas de control de procesos del sector OIL y GAS, a través de un software y conexión a Rockwell Automation con el estándar de comunicación OPC. Bogotá: Universidad Distrital Francisco de Caldas.
- Valencia, F. A. (2011). Manual de uso de Matlab. España: Universidad de Oviedo.
- Varela, J. (2013). Desarrollo de una herramienta de simulación para estudiar y evaluar la operación y control de una unidad de destilación para termodinámica. Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Velasco, C. (2010). Termodinámica técnica. España: Universidad de Zaragoza.
- Villanueva, A. (2010). Métodos termodinámicos en simuladores de procesos. España: Universidad de Sevilla.
- Vinuesa, P. (2016). Regresión lineal simple y polinomial: teoría y práctica. México: Centro de Ciencias Genómicas UNAM.
- Wylen, V. (1977). Introducción a la termodinámica clásica. España: Limusa.
- Zambrano, P. (2014). Diseño y simulación de una torre de destilación por medio de un software especializado para la recuperación de buteno en la empresa polipropileno del Caribe. Cartagena: Universidad de Buenaventura.



R-DC-95

## DOCENCIA

### DESARROLLO ARQUITECTÓNICO DE UN SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS TERMODINÁMICOS

PÁGINA 211  
DE 306

VERSIÓN: 01

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

**ANEXOS**

**Anexo 1. Encuesta docente**



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Leidy Fabryn Rodríguez Castro fecha: 20/06/19

Programa: FCIJ

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software). La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?

1       2       3       4       5

2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?
  - a.  Qué es nuevo.
  - b.  Que es necesario.
  - c.  Que es innovador.
  - d.  Ninguna de las anteriores
  - e.  Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_
3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
Sí  No
4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
Sí  No
5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?

**Fuente:** Autores

**Anexo 2. Estudiantes ingeniería electromecánica antes de utilizar el software**



**Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO**

Nombre: HAMER SALDARRIAGA fecha: 20/06/2019

Programa: IV6. ELECTROMECAÁNICA

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software).  
La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?  

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?
  - a. Qué es nuevo.
  - b. Que es necesario.
  - c. Que es innovador. ✓
  - d. Ninguna de las anteriores
  - e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_
3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
Sí  No
4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
Sí  No
5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos? Si

**Fuente:** Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Astrid Carolina Suarez fecha: 20-06-2019

Programa: JNG: Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software).  
La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?  

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?
  - a. Qué es nuevo.
  - b. Que es necesario.
  - c. Que es innovador.
  - d. Ninguna de las anteriores
  - e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_
3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
Sí  No
4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
Sí  No
5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?  
Si

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: JONNATHAN PATINO B. fecha: 20/06/2019

Programa: ING. ELECTROMECANICA

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software).  
La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?

1      2      3      4      5  
               

2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?  
a. Qué es nuevo.  
b. Que es necesario.  
x. Que es innovador.  
d. Ninguna de las anteriores  
e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_
3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
Sí \_\_\_ No X
4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
Sí X No \_\_\_
5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?  
SI X NO \_\_\_

Fuente: Autores

**Anexo 3.** Estudiantes de ingeniería electromecánica después de utilizar el software



Unidades  
Tecnológicas  
de Santander

Encuesta de software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Astrid Carolina Svaniz fecha: 20-06-19

Programa: ING : Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

- ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
- ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
- ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
- ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?  
a. Interfaz 3  
b. Utilidad 5  
c. Gráficos 3  
d. Innovador 5
- ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
- ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?

- Agregar mas Variables  
- que el software pueda ser utilizado en diferentes versiones  
- mejorar las graficas para poder incluir el software

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: JONATHAN PATIÑO M. fecha: 20/06/2019

Programa: ING. ELECTROMECANICA

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí X No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí X No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí     No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?
  - a. Interfaz 3
  - b. Utilidad 5
  - c. Gráficos 3
  - d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí X No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?

GRAFICOS

Fuente: Autor

## Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Javier Muñoz Bonet. fecha: 20-06-19Programa: Ing. Electromecánica.

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software). La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?

1      2      3      4      5  
               

2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?

- a. Qué es nuevo.  
b. Que es necesario.  
✓ c. Que es innovador.  
d. Ninguna de las anteriores  
e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_

3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.

Sí \_\_\_ No ✓

4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?

Sí ✓ No \_\_\_

5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?

Si

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Javier Muñoz Goulet. fecha: 20-06-19

Programa: Ing. Electromecánica.

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?
  - a. Interfaz 3
  - b. Utilidad 5
  - c. Gráficos 3
  - d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?

- Gráficos.  
- Ingreso datos de variables

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: HAMER SALDARRIAGA fecha: 20-06-19

Programa: IVG. ELECTROMECAICA

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?
  - a. Interfaz 4
  - b. Utilidad 5
  - c. Gráficos 5
  - d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
-MEJORAR LAS VARIABLES  
-MEJORAR EL TEMA de MATLAB

Fuente: Autores

**Anexo 4.** Estudiantes de Tecnología electromecánica antes de utilizar el software



**Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO**

Nombre: Oscar Ivan Zarate Vesga fecha: 09-9-2019

Programa: Operación y mantenimiento Electromecánico

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software).  
La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?  

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?
  - a. Qué es nuevo.
  - b. Que es necesario.
  - c. Que es innovador.
  - d. Ninguna de las anteriores
  - e. Otra, ¿cuál? Muy práctico e interesante
3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
Sí X No
4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
Sí    No X
5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?  
Si

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Gerson Ramos Guarin fecha: 09/09/2019

Programa: Operación y mantenimiento Electromecánico.

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software).  
La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante",  
¿cómo considera el software?

1                      2                      3                      4                      5  
                                                                                       

2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?

- a. Qué es nuevo.  
 b. Que es necesario.  
 c. Que es innovador.  
 d. Ninguna de las anteriores  
 e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_

3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.

Sí  No

4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?

Sí  No

5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?

SÍ

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Johan Andres Carrillo Jimenez fecha: 09/09/2019

Programa: ELECTROMECAICA

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software). La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?

1      2      3      4      5  
               

2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?

- a. Qué es nuevo.  
b. Que es necesario.  
 c. Que es innovador.  
d. Ninguna de las anteriores  
e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_

3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.

Sí  No

4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?

Sí  No

5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?

Sí

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Yindis Pacliba Ochoa fecha: 9/09/

Programa: Tecnología en operación y mantenimiento electromecánico

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software).  
La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e  
Interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la  
asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de  
ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander  
por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?

1      2      3      4      5  
               

2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?

- a. Qué es nuevo.  
 b. Que es necesario.  
c. Que es innovador.  
d. Ninguna de las anteriores  
e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_

3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura  
termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional  
Barrancabermeja.

Sí \_\_\_ No

4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?

Sí \_\_\_ No

5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de  
termodinámica por medio de softwares didácticos?

Estoy interesada.

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Daren Alberto Cardenas Peña fecha: 09/09/2019

Programa: Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software).

La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?

1                      2                      3                      4                      5  
                                                                                       

2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?

- a. Qué es nuevo.  
 b. Que es necesario.  
 c. Que es innovador.  
 d. Ninguna de las anteriores  
 e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_

3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.

Sí  No

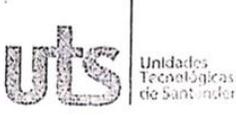
4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?

Sí  No

5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?

SI ✓

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Daniel Facundo Quiñón Fuentes fecha: 09/09/2019

Programa: Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software). La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante". ¿cómo considera el software?  

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?
  - a. Qué es nuevo.
  - b. Que es necesario.
  - c. Que es innovador.
  - d. Ninguna de las anteriores
  - e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_
3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
SÍ \_\_\_ No
4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
SÍ \_\_\_ No
5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?  
 Sí !!

Fuente: Autores



**Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO**

Nombre: Carlos Morales fecha: 09-09-2019

Programa: Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software).  
La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

- En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante", ¿cómo considera el software?  

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
- ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?  
 a. Qué es nuevo.  
 b. Que es necesario.  
 c. Que es innovador.  
 d. Ninguna de las anteriores  
 e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_
- Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
 Sí  No
- ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
 Sí  No
- ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?  
*Sí, ya que el concepto que nos dan es muy sencillo y es necesario nuestro entendimiento.*

Fuente: Autores



**Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO**

Nombre: Shirley Daniela Juliana Rodríguez fecha: 09/09/19

Programa: TD. Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software).  
La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?  

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?
  - a. Qué es nuevo.
  - b. Que es necesario.
  - c. Que es innovador.
  - d. Ninguna de las anteriores
  - e. Otra, ¿cuál? Ayuda a entender mejor los procesos.
3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
Sí  No
4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
Sí  No
5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos? SI

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Fabian David Vanegas Hernandez fecha: 9/9/20

Programa: Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software). La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?

1                      2                      3                      4                      5  
                                                                                       

2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?

- a. Qué es nuevo.  
 b. Que es necesario.  
c. Que es innovador.  
d. Ninguna de las anteriores  
e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_

3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.

Sí  No

4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?

Sí  No

5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?

RTA: Sí

observación: para manejarlo se tendría que tener un nivel de conocimientos previos entonces se hace un poco complicado de manejar por las personas que no tengan un conocimiento previo

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Andrés Mauricio Arenas P fecha: 9/09/2019

Programa: Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software). La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

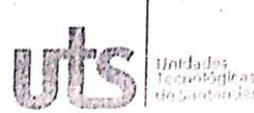
1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante". ¿cómo considera el software?

1      2      3      4      5  
               

2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?  
 a. Qué es nuevo.  
 b. Que es necesario.  
 c. Que es innovador.  
 d. Ninguna de las anteriores  
 e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_
3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
 Si  No
4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
 Si  No
5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?

Si

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Cristian David Tany Ramirez fecha: 09/09/19

Programa: Tec. en operación y mantenimiento Electromecánico

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software). La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?

1            2            3            4            5  
                               

2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?  
a. Qué es nuevo.  
 Que es necesario.  
c. Que es innovador.  
d. Ninguna de las anteriores  
e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_
3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
Sí  No
4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
Sí  No
5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?

Si, hace la experiencia entendible y agradable

Fuente: Autores



**Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO**

Nombre: Javier Ricardo Angaita fecha: 09-09-19

Programa: Tec. electromecánica.

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software). La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante", ¿cómo considera el software?
 

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?
  - a. Qué es nuevo.
  - b. Que es necesario.
  - c. Que es innovador.
  - d. Ninguna de las anteriores
  - e. Otra, ¿cuál? Que emplea bases desarrolladas en lo urs (matlab) curso
3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
Sí  No
4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
Sí  No
5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?  
Si

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Rosenberg Rodríguez fecha: 07/09/19  
Programa: TOME

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software).  
La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

1. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?

1      2      3      4      5  
               

2. ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?

a. Qué es nuevo.

b. Que es necesario.

c. Que es innovador.

d. Ninguna de las anteriores

e. Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_

3. Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.

Sí  No

4. ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?

Sí  No

5. ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?

Si

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Daniel Fajardo Zapata fecha: 09-09-2019

Programa: T.O.M.E

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (antes de realizar prueba del software).  
La información que nos proporcione será utilizada para conocer el grado de aceptación e interés del software para los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander de la asignatura termodinámica.

TERMOPRO es una herramienta la cual es de gran ayuda para la simulación y resolución de ejercicios de la asignatura de termodinámica de la Unidades Tecnológicas de Santander por medio de un software diseñado en Matlab.

- En una escala del 1 al 5, donde 1 es "nada interesante" y 5 es "muy interesante".  
¿cómo considera el software?  

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
- ¿Cuál de los siguientes aspectos le atraen del software?
  - Qué es nuevo.
  - Que es necesario.
  - Que es innovador.
  - Ninguna de las anteriores
  - Otra, ¿cuál? \_\_\_\_\_
- Considera que cuenta con suficientes herramientas de aprendizaje en la asignatura termodinámica en las Unidades Tecnológicas de Santander seccional Barrancabermeja.  
Sí  No
- ¿Conoce o ha utilizado algún software de simulación de procesos termodinámicos?  
Sí  No
- ¿Está interesado en utilizar nuevas formas de aprendizaje en la asignatura de termodinámica por medio de softwares didácticos?  

*Si, me va ayudar a comprender la asignatura y a resolver mas rapidos los calculos que me presente el docente o a corroborar que un ejercicio este correctamente resuelto*

Fuente: Autores

**Anexo 5.** Aplicación de encuesta estudiantes tecnología electromecánica después de utilizar el software

Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Yndhis Perilla Ochoa fecha: \_\_\_\_\_

Programa: T.O mantenimiento electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿Le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?
  - a. Interfaz 4
  - b. Utilidad 5
  - c. Gráficos 4
  - d. Innovador 4.5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
pequeños detalles por mejorar

**Fuente:** Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Andres Mauricio Arenas P fecha: 9/09/2019

Programa: Electromecanica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?  
a. Interfaz 4  
b. Utilidad 5  
c. Gráficos 5  
d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
La utilidad

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Cristian David Tang Ramirez fecha: 09/09/19

Programa: Tec. en operación y mantenimiento Electromecánico

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?  
  - a. Interfaz 4
  - b. Utilidad 5
  - c. Gráficos 4
  - d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
  - \*El Porcentaje de error que se presenta en los resultados
  - \* Explicación o información sobre las opciones presentadas (info de las opciones que aparecen)

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Shuley Danilo Sencio Kocher fecha: 09/04/19

Programa: D. electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
 Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
 Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
 Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?
  - a. Interfaz 4
  - b. Utilidad 4
  - c. Gráficos 4
  - d. Innovador 4
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
 Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
Simulación del trapecho del proceso por medio de graficas (P-U, T-U)

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

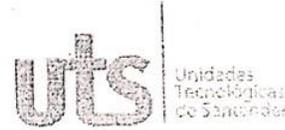
Nombre: Fabian David Vanegas Hernandez fecha: 9/09/19

Programa: Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?
  - a. Interfaz 4
  - b. Utilidad 5
  - c. Gráficos 4
  - d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
que muestre las graficas del ejercicio que esta realizando (P-V)  
(P-T)

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Daniel Furió Zapata fecha: 09-09-2019

Programa: T.O.M.E

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?  
a. Interfaz 5  
b. Utilidad 5  
c. Gráficos 5  
d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?

- Liq-Comprimido  
- que abrir el software fuera un poco mas sencillo  
- que en el futuro simule el problema dispuesto

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Rosenberg Rodriguez fecha: 09/09/19  
Programa: TOME

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?  
a. Interfaz 5  
b. Utilidad 5  
c. Gráficos 4  
d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
Que se pueda graficar.

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

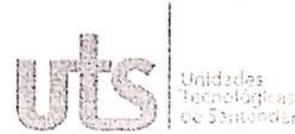
Nombre: Johan Steven Garcia Vargas fecha: 09/09/2019

Programa: Tecnología en Operación y Mantenimiento electromecánico

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
 Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
 Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
 Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?
  - a. Interfaz 5
  - b. Utilidad 5
  - c. Gráficos 3
  - d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
 Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
que investre el procedimiento y una versión para celular

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Daniel Fernando Quiroz fecha: 09/09/2019.

Programa: Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿Le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?  
a. Interfaz 5  
b. Utilidad 5  
c. Gráficos 4  
d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
que tenga procedimiento y que sirva para el celular

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Carlos Morales fecha: 04-09-2019

Programa: Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
 Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
 Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
 Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?
  - a. Interfaz 3
  - b. Utilidad 4
  - c. Gráficos 4
  - d. Innovador 4
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
 Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
Mejorar el proceso de ingreso al sistema.

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Dora Alberto Cardeños Peña fecha: 09/09/2019

Programa: Electromecánica

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?
  - a. Interfaz 5
  - b. Utilidad 5
  - c. Gráficos 3
  - d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
En el Procedimiento, que Muestra como se puede solucionar

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Johan Andres Cantillo fecha: 09/09/2019

Programa: ELECTROMECANICA

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
 Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
 Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
 Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?  
 a. Interfaz 4  
 b. Utilidad 5  
 c. Gráficos 1  
 d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
 Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
Procedimiento y graficas

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Berson Ramos Guarín fecha: 09/09/2019

Programa: Operación y mantenimiento Electromecánico

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí X No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí X No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí    No X
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?
  - a. Interfaz 5
  - b. Utilidad 5
  - c. Gráficos 4
  - d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí X No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
Poder graficar los procesos.

Fuente: Autores



Encuesta de Software de simulación de procesos termodinámicos TERMOPRO

Nombre: Javier Ricardo Anzorza Cornejo fecha: 09-09-2019

Programa: TEC. ELECTROMECANICA

Por favor diligencie esta pequeña encuesta (después de realizar prueba del software).

1. ¿le gustaría poder usar en software en clases o en biblioteca?  
Sí  No
2. ¿Estaría interesado en la extensión y complementación del software en un futuro?  
Sí  No
3. ¿Conoce o ha utilizado algún software similares a TERMOPRO?  
Sí  No
4. ¿En una escala de 1 a 5 califique los siguientes ítems del software TERMOPRO?
  - a. Interfaz 1
  - b. Utilidad 4
  - c. Gráficos 5
  - d. Innovador 5
5. ¿Considera que el software es de utilidad y ayuda para la comprensión y resolución de ejercicios en la asignatura de termodinámica?  
Sí  No
6. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar?  
siquido comprimido, que se pueda hacer la simulación de las líneas de saturación, y gráficas.

Fuente: Autores

**Anexo 6. Datos tabla agua saturada (sistema internacional y sistema ingles)**

Descripción del código
<pre> switch var1   case "T"     switch var2       case "P"         Temperatura=var3;         if var3&lt;=50           Presion=5.84362260E-01+6.20981934E-02*Temperatura-2.36637979E- 04*Temperatura^2+7.38047776E-05*Temperatura^3;         else           Presion=1.09846783E+01-1.67719592E+00*Temperatura+6.06005893E- 02*Temperatura^2-7.56659787E-04*Temperatura^3+5.00208491E-06*Temperatura^4- 9.82487062E-09*Temperatura^5+1.01585034E-11*Temperatura^6;         end         outputArg1 = Presion;       case "Vf"%%%%%%%%%         Temperatura=var3;         Liquido=1.05790973E-03-8.89321975E-06*Temperatura+2.88197963E- 07*Temperatura^2-3.47053789E-09*Temperatura^3+1.94520379E-11*Temperatura^4- 5.06311493E-14*Temperatura^5+4.97073864E-17*Temperatura^6;         outputArg1 = Liquido;       case "Vg"%%%%%%%%%         Temperatura=var3;         if var3&lt;=95           Vapor=2.05186268E+02-1.32107896E+01*Temperatura+3.99769221E- 01*Temperatura^2-6.49184482E-03*Temperatura^3+5.35234517E-05*Temperatura^4- 1.74505431E-07*Temperatura^5;         else           Vapor=1.85385531E+01-3.93753700E-01*Temperatura+3.56429368E- 03*Temperatura^2-1.73566356E-05*Temperatura^3+4.75689248E-08*Temperatura^4- 6.92430425E-11*Temperatura^5+4.17072594E-14*Temperatura^6;         end         outputArg1 = Vapor;       case "Uf"%%%%%%%%%         Temperatura=var3;         Liquido=9.61820648E+00+2.71310615E+00*Temperatura+4.73826699E- 02*Temperatura^2-5.88458012E-04*Temperatura^3+3.36909351E-06*Temperatura^4- 8.90601972E-09*Temperatura^5+8.88709896E-12*Temperatura^6;         outputArg1 = Liquido;       case "Ufg"%%%%%%%%%         Temperatura=var3;         if var3&lt;=250           Evaporada=2.37493227E+03- 2.83354816E+00*Temperatura+5.75801033E-04*Temperatura^2-1.07783933E- 05*Temperatura^3+9.45769579E-09*Temperatura^4-5.12343479E-11*Temperatura^5;         elseif var3&gt;=350           Evaporada=2.53121449E+08- 3.66675827E+06*Temperatura+2.12372025E+04*Temperatura^2- 6.14726987E+01*Temperatura^3+8.89279692E-02*Temperatura^4-5.14349464E- 05*Temperatura^5;         Else           Evaporada=3.17126654E+04- 5.32291098E+02*Temperatura+3.82299731E+00*Temperatura^2-1.38189496E- </pre>

```

02*Temperatura^3+2.49888989E-05*Temperatura^4-1.81739602E-08*Temperatura^5;
end
outputArg1 = Evaporada;
case "Ug"%%%%%%%%%%
Temperatura=var3;
if var3<=275
Vapor=2.37500033E+03+1.36284155E+00*Temperatura+1.63413859E-
04*Temperatura^2-6.29981325E-06*Temperatura^3-4.63554504E-09*Temperatura^4-
7.29114022E-12*Temperatura^5;
elseif var3>=325
Vapor=1.43147799E+08-
2.07383460E+06*Temperatura+1.20124402E+04*Temperatura^2-
3.47743864E+01*Temperatura^3+5.03107436E-02*Temperatura^4-2.91023477E-
05*Temperatura^5;
else
Vapor=1.23871342E+04-
1.83169110E+02*Temperatura+1.36279241E+00*Temperatura^2-5.05035093E-
03*Temperatura^3+9.36888628E-06*Temperatura^4-7.01753609E-09*Temperatura^5;
end
outputArg1 = Vapor;
case "Hf"%%%%%%%%%%
Temperatura=var3;
if var3<=300
Liquido=-6.19501290E-02+4.21370856E+00*Temperatura-8.79938091E-
04*Temperatura^2+8.95272264E-06*Temperatura^3-3.00714488E-
08*Temperatura^4+6.64212771E-11*Temperatura^5;
elseif var3>=345
Liquido=5.03750681E+07-
5.65594959E+05*Temperatura+2.38100539E+03*Temperatura^2-
4.45408736E+00*Temperatura^3+3.12407610E-03*Temperatura^4;
else
Liquido=2.22036003E+04-
2.86529440E+02*Temperatura+1.43121241E+00*Temperatura^2-3.14281335E-
03*Temperatura^3+2.61072308E-06*Temperatura^4;
end
outputArg1 = Liquido;
case "Hfg"%%%%%%%%%%
Temperatura=var3;
if var3<=250
Vapor=2.50094541E+03-2.37584396E+00*Temperatura+4.86632355E-
04*Temperatura^2-1.12786759E-05*Temperatura^3-7.95571724E-10*Temperatura^4-
4.35745714E-11*Temperatura^5;
elseif var3>=325
Vapor=-1.73485148E+06+2.06319606E+04*Temperatura-
9.19034990E+01*Temperatura^2+1.81944133E-01*Temperatura^3-1.35151458E-
04*Temperatura^4;
else
Vapor=-1.51699048E+03+5.97413467E+01*Temperatura-3.61867885E-
01*Temperatura^2+9.37622714E-04*Temperatura^3-9.56576963E-07*Temperatura^4;
end
outputArg1 = Vapor
case "Hg"%%%%%%%%%%
Temperatura=var3;
if var3<=170
Evaporacion=2.50088862E+03+1.83672091E+00*Temperatura-
4.34815742E-04*Temperatura^2-6.81204537E-07*Temperatura^3-4.54839366E-
08*Temperatura^4+6.11310643E-11*Temperatura^5;
elseif var3>=300

```

```

Evaporacion=-2.78987153E+05+3.50947776E+03*Temperatura-
1.63839426E+01*Temperatura^2+3.39999985E-02*Temperatura^3-2.64876557E-
05*Temperatura^4;
else
Evaporacion=2.29303157E+03+5.92929543E+00*Temperatura-
3.03107083E-02*Temperatura^2+9.29258215E-05*Temperatura^3-1.36167348E-
07*Temperatura^4;
end
outputArg1 = Evaporacion;
case "Sf"%%%%%%%%%%
Temperatura=var3;
if var3<=350
Liquido=1.49178319E-04+1.53812861E-02*Temperatura-3.01627017E-
05*Temperatura^2+8.82480754E-08*Temperatura^3-2.08411000E-
10*Temperatura^4+2.75205567E-13*Temperatura^5;
else
Liquido=3.64886568E+01-4.90101234E-01*Temperatura+2.59062781E-
03*Temperatura^2-5.96131509E-06*Temperatura^3+5.13562566E-09*Temperatura^4;
end
outputArg1 = Liquido;
case "Sfg"%%%%%%%%%%
Temperatura=var3;
if var3<=350
Evaporacion=9.15779508E+00-4.23675502E-
02*Temperatura+1.56912819E-04*Temperatura^2-5.52503501E-
07*Temperatura^3+1.24110385E-09*Temperatura^4-1.33916803E-12*Temperatura^5;
else
Evaporacion=-1.74216648E+04+1.97889222E+02*Temperatura-
8.42842945E-01*Temperatura^2+1.59567548E-03*Temperatura^3-1.13315820E-
06*Temperatura^4;
end
outputArg1 = Evaporacion;
case "Sg"%%%%%%%%%%
Temperatura=var3;
if var3<=125
Vapor=9.15578686E+00-2.67713528E-02*Temperatura+1.22832994E-
04*Temperatura^2-4.45893676E-07*Temperatura^3+1.06228142E-09*Temperatura^4-
1.31082424E-12*Temperatura^5;
elseif var3>=350
Vapor=-1.01997733E+05+1.14551167E+03*Temperatura-
4.82329169E+00*Temperatura^2+9.02478485E-03*Temperatura^3-6.33139831E-
06*Temperatura^4;
else
Vapor=7.16120789E+00+1.05525490E-02*Temperatura-1.46591188E-
04*Temperatura^2+4.98366851E-07*Temperatura^3-6.02806984E-10*Temperatura^4;
end
outputArg1 = Vapor;
end%%
case "P"
switch var2
case "T"%%%%%%%%%%
Presion=var3;

if Presion>0.6117 && Presion<=84.6
Temperatura=1.04641855E+01+5.22084228E+00*Presion-2.12309045E-
01*Presion^2+4.80561542E-03*Presion^3-5.23260760E-05*Presion^4+2.15311831E-
07*Presion^5;

```

```

elseif Presion>84.6  && Presion<=543.5
    Temperatura=5.89169528E+01+5.76915061E-01*Presion-2.18106806E-
03*Presion^2+5.43396732E-06*Presion^3-7.19201547E-09*Presion^4+3.83687584E-
12*Presion^5;
    elseif Presion>543.5 && Presion<=3651.3
        Temperatura=1.05576947E+02+1.20888340E-01*Presion-6.67295576E-
05*Presion^2+2.46280013E-08*Presion^3-4.83850783E-12*Presion^4+3.83415022E-
16*Presion^5;
    elseif Presion>3651.3
        Temperatura=1.62028897E+02+3.24675477E-02*Presion-3.53269672E-
06*Presion^2+2.83884204E-10*Presion^3-1.39534353E-14*Presion^4+3.73670874E-
19*Presion^5-4.16896004E-24*Presion^6;
    end
    outputArg1 = Temperatura;
    case "Vf"%%%%%%
        Presion=var3;
        Liquido=1.01715795E-03+1.45078111E-07*Presion-3.94488735E-
11*Presion^2+5.69748149E-15*Presion^3-3.46117790E-19*Presion^4+7.41907272E-
24*Presion^5;
        outputArg1 = Liquido;
    case "Vg"%%%%%%
        Presion=var3;
        if Presion>0.6117 && Presion<=5.6281
            Vapor=2.63205645E+02-
1.98082055E+02*Presion+7.04988768E+01*Presion^2-
1.17559499E+01*Presion^3+7.37051234E-01*Presion^4;
            elseif Presion>5.6281 && Presion<=47.41
                Vapor=4.68284452E+01-5.23923554E+00*Presion+2.59333052E-
01*Presion^2-5.72565113E-03*Presion^3+4.59770762E-05*Presion^4;
                elseif Presion>47.41 && Presion<=361.53
                    Vapor=6.86605053E+00-1.03127687E-01*Presion+7.08514775E-
04*Presion^2-2.22306207E-06*Presion^3+2.58002574E-09*Presion^4;
                    elseif Presion>361.53
                        Vapor=5.83061281E-01-4.62962770E-04*Presion+1.43794010E-
07*Presion^2-2.10143230E-11*Presion^3+1.54780348E-15*Presion^4-5.56102322E-
20*Presion^5+7.74366781E-25*Presion^6;
                    end
                    outputArg1 = Vapor;
                case "Uf"%%%%%%
                    Presion=var3;
                    if Presion>0.6117 && Presion<=57.868
                        Liquido=1.28981795E+01+3.31598397E+01*Presion-
2.09264614E+00*Presion^2+7.17508057E-02*Presion^3-1.16945699E-
03*Presion^4+7.15374645E-06*Presion^5;
                        elseif Presion>57.868 && Presion<=700.93
                            Liquido=2.26058139E+02+2.91634112E+00*Presion-1.36760086E-
02*Presion^2+4.34226970E-05*Presion^3-7.99164899E-08*Presion^4+7.72196600E-
11*Presion^5-3.02115637E-14*Presion^6;
                            elseif Presion>700.93 && Presion<=13707
                                Liquido=5.20572763E+02+3.05595179E-01*Presion-7.92316639E-
05*Presion^2+1.40577752E-08*Presion^3-1.41590250E-12*Presion^4+7.38318757E-
17*Presion^5-1.54308922E-21*Presion^6;

                                elseif Presion>13707
                                    Liquido=5.85955979E+05-2.09407412E+02*Presion+3.11036979E-
02*Presion^2-2.45220630E-06*Presion^3+1.08256163E-10*Presion^4-2.53752737E-
15*Presion^5+2.46757540E-20*Presion^6;

```

```

end
outputArg1 = Liquido;
case "Ufg"%%%%%%%%%%%%%%
Presion=var3;
if Presion>0.6117 && Presion<=70.183
    Evaporada=2.36209823E+03-
1.98787080E+01*Presion+1.05896918E+00*Presion^2-3.03645936E-
02*Presion^3+4.11428553E-04*Presion^4-2.08574547E-06*Presion^5;
    elseif Presion>70.183 && Presion<=2319.6
    Evaporada=2.18442447E+03-1.12108415E+00*Presion+2.06457127E-
03*Presion^2-2.41232210E-06*Presion^3+1.53886217E-09*Presion^4-4.95826030E-
13*Presion^5+6.30547674E-17*Presion^6;
    elseif Presion>2319.6
    Evaporada=1.93338209E+03-1.47121394E-01*Presion+1.54799833E-
05*Presion^2-1.39752872E-09*Presion^3+6.98839417E-14*Presion^4-1.73006287E-
18*Presion^5+1.34721121E-23*Presion^6;
    end
outputArg1 = Evaporada;
case "Ug"%%%%%%%%%%%%%%
Presion=var3;
if Presion>0.6117 && Presion<=84.609
    Vapor=2.37938601E+03+1.07327386E+01*Presion-6.89031594E-
01*Presion^2+2.50345945E-02*Presion^3-4.79926918E-04*Presion^4+4.55572934E-
06*Presion^5-1.68367050E-08*Presion^6;
    elseif Presion>84.609 && Presion<=3062
    Vapor=2.47719863E+03+3.40495682E-01*Presion-5.21245185E-
04*Presion^2+4.52124823E-07*Presion^3-2.13170731E-10*Presion^4+5.08484271E-
14*Presion^5-4.80159514E-18*Presion^6;
    elseif Presion>3062
    Vapor=2.55011756E+03+4.16833963E-02*Presion-1.15828354E-
05*Presion^2+1.47141823E-09*Presion^3-1.08374445E-13*Presion^4+4.13443007E-
18*Presion^5-6.43541786E-23*Presion^6;
    end
outputArg1 = Vapor;
case "Hf"%%%%%%%%%%%%%%
Presion=var3;
if Presion>0.6117 && Presion<=38.597
    Liquido=-1.72358043E+01+5.88147954E+01*Presion-
8.47603715E+00*Presion^2+7.54971978E-01*Presion^3-3.70803200E-
02*Presion^4+9.24091313E-04*Presion^5-9.09239876E-06*Presion^6;
    elseif Presion>38.597 && Presion<=892.6
    Liquido=2.19979213E+02+2.96853032E+00*Presion-1.31606051E-
02*Presion^2+3.73124247E-05*Presion^3-5.90821546E-08*Presion^4+4.79304740E-
11*Presion^5-1.54858018E-14*Presion^6;
    elseif Presion>892.6 && Presion<=4322.9
    Liquido=4.60053654E+02+4.70825440E-01*Presion-2.43322328E-
04*Presion^2+9.48068395E-08*Presion^3-2.27225646E-11*Presion^4+2.99030065E-
15*Presion^5-1.64907437E-19*Presion^6;
    elseif Presion>4322.9 && Presion<=10556
    Liquido=7.89818974E+02+4.22690091E-02*Presion+2.43980042E-
05*Presion^2-6.55468901E-09*Presion^3+7.83148042E-13*Presion^4-4.59299478E-
17*Presion^5+1.07179230E-21*Presion^6;

    elseif Presion>10556
    Liquido=2.05450306E+02+3.08067965E-01*Presion-3.62079882E-
05*Presion^2+2.49407514E-09*Presion^3-8.78178659E-14*Presion^4+1.26284395E-
18*Presion^5;

```

```

end
outputArg1 = Liquido;
case "Hfg"%%%%%%%%%
Presion=var3;%%%
if Presion>0.6117 && Presion<=57.868
    Vapor=2.50011986E+03-
2.33250807E+01*Presion+2.03651653E+00*Presion^2-1.04750604E-
01*Presion^3+2.88595424E-03*Presion^4-3.96813031E-05*Presion^5+2.13349067E-
07*Presion^6;
    elseif Presion>57.868 && Presion<=1398.8
        Vapor=2.35532172E+03-1.24745887E+00*Presion+3.37016004E-
03*Presion^2-6.07555882E-06*Presion^3+6.12758445E-09*Presion^4-3.16657534E-
12*Presion^5+6.51689048E-16*Presion^6;
    elseif Presion>1398.8
        Vapor=2.15101418E+03-1.62504079E-01*Presion+1.99738339E-
05*Presion^2-2.13386313E-09*Presion^3+1.27303161E-13*Presion^4-3.90130092E-
18*Presion^5+4.50541045E-23*Presion^6;
    end
outputArg1 = Vapor;
case "Hg"%%%%%%%%%
Presion=var3;
if Presion>0.6117 && Presion<=47.416
    Evaporacion=2.49883952E+03+2.02375135E+01*Presion-
2.10297102E+00*Presion^2+1.29468059E-01*Presion^3-4.30394793E-
03*Presion^4+7.17456970E-05*Presion^5-4.68967836E-07*Presion^6;
    elseif Presion>47.416 && Presion<=892.6
        Evaporacion=2.60063962E+03+1.11780568E+00*Presion-4.93752595E-
03*Presion^2+1.35476727E-05*Presion^3-2.09271658E-08*Presion^4+1.66652402E-
11*Presion^5-5.30871151E-15*Presion^6;
    elseif Presion>892.6 && Presion<=3062
        Evaporacion=2.69508062E+03+1.50120171E-01*Presion-9.87503188E-
05*Presion^2+3.79603188E-08*Presion^3-8.04465605E-12*Presion^4+7.31940035E-
16*Presion^5-6.45180529E-21*Presion^6;
    elseif Presion>3062
        Evaporacion=2.74060919E+03+4.97694903E-02*Presion-1.38535194E-
05*Presion^2+1.73012896E-09*Presion^3-1.26174786E-13*Presion^4+4.78691670E-
18*Presion^5-7.42996148E-23*Presion^6;
    end
        Liquido=1.89999115E+00+3.57901206E-04*Presion-
4.83345380E-08*Presion^2+4.65228543E-12*Presion^3-2.63501136E-
16*Presion^4+7.93662394E-21*Presion^5-9.63480926E-26*Presion^6;
    end
outputArg1 = Liquido;
case "Sfg"%%%%%%%%%
Presion=var3;
end
outputArg1 = Vapor;
end
case "Hf"%%%%%%%%temperatura por entalpia liq sat
Liquido=var3;
if var3<=1493.4
    Temperatura=-1.09138831E-02+2.38284514E-01*Liquido+4.41837943E-
06*Liquido^2-6.98960243E-09*Liquido^3-4.91777916E-12*Liquido^4+2.04539679E-
15*Liquido^5-7.
-1.12888741E-04*Evaporacion^3+1.06225874E-06*Evaporacion^4-3.19761704E-
10*Evaporacion^5+3.03842647E-14*Evaporacion^6;
else
    Temperatura=-

```

```

6.12853809E+07+2.44206905E+04*Evaporacion+7.51319603E+00*Evaporacion^2-
3.25150749E-03*Evaporacion^3+1.61539819E-06*Evaporacion^4-1.12870213E-
09*Evaporacion^5+2.08229285E-13*Evaporacion^6;
    end
    outputArg1 = Temperatura;
case "Vf"%%%%%%%%%temperatura por volumen especifico (liquido sat)
    Liquido=var3;
    if var3<=0.001108
        Temperatura=-2.60837122E+07+1.01218442E+11*Liquido-
1.29742936E+14*Liquido^2+2.67953222E+16*Liquido^3+7.70433582E+19*Liquido^4-
6.50945712E+22*Liquido^5+1.58641102E+25*Liquido^6;
    else
        Temperatura=-1.64229826E+04+5.45076011E+07*Liquido-
7.56146785E+10*Liquido^2+5.67247444E+13*Liquido^3-
2.40953408E+16*Liquido^4+5.47072145E+18*Liquido^5-5.17259727E+20*Liquido^6;
    end
    outputArg1 = Temperatura;
end
if var4=="SE"
switch var2
    case "P"
        outputArg1=outputArg1*1000;
        outputArg1=convpres(outputArg1,'pa','psi');
    case "T"
        outputArg1=convtemp(outputArg1,'C','F');
    case "Vf"
        outputArg1= outputArg1/0.062428;
    case "Vg"
        outputArg1= outputArg1/0.062428;
    case "Sf"
        outputArg1= outputArg1/0.238845896;
    case "Sfg"
        outputArg1= outputArg1/0.238845896;
    case "Sg"
        outputArg1= outputArg1/0.238845896;
    otherwise
        outputArg1=convener(outputArg1,"kj/kg","btu/lb");
end
end
end

```

Fuente: Autores

### Anexo 7. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para volumen específico (sistema internacional)

Descripción del código
<pre> function [Vout] = volumen(val,T,P) %val= V o T (si la incognita es volumen o temperatura) %T= volumen o temperatura dependiendo de cual sea la variable %independiente(en el caso de que se seleccione en val=V el resultado %arrojara el volumen y se ingresara la temperatura) if val=="V" switch P     case 10         v_10=1.25422626E+01+4.67044232E-02*T-2.11651470E-06*T^2+4.23991340E-09*T^3- 4.57024154E-12*T^4+2.50572867E-15*T^5-5.47606633E-19*T^6;         Vout=v_10;     case 50         v_50=2.46555570E+00+9.66312387E-03*T-1.52576410E-06*T^2+2.86962995E-09*T^3- </pre>

```

2.94865689E-12*T^4+1.55804122E-15*T^5-3.30732426E-19*T^6;
  Vout=v_50;
  case 100
  v_100=1.20699236E+00+5.01899842E-03*T-1.38580475E-06*T^2+2.55069865E-
09*T^3-2.57670182E-12*T^4+1.34323650E-15*T^5-2.82054356E-19*T^6;
  Vout=v_100;
  case 200
  v_200=5.79291604E-01+2.67608951E-03*T-1.21883441E-06*T^2+2.17692984E-
09*T^3-2.14674904E-12*T^4+1.09761739E-15*T^5-2.26876889E-19*T^6;
  Vout=v_200;
  case 300
  v_300=3.70182048E-01+1.89253575E-03*T-1.14951997E-06*T^2+2.02068951E-
09*T^3-1.96671465E-12*T^4+9.94809694E-16*T^5-2.03810569E-19*T^6;
  Vout=v_300;
  case 400
  v_400=2.65023338E-01+1.50660222E-03*T-1.13739600E-06*T^2+1.98662495E-
09*T^3-1.92280368E-12*T^4+9.67991850E-16*T^5-1.97521024E-19*T^6;
  Vout=v_400;
  case 500
  v_500=2.02293157E-01+1.27026548E-03*T-1.10831226E-06*T^2+1.91889150E-
09*T^3-1.84348890E-12*T^4+9.22307742E-16*T^5-1.87221514E-19*T^6;
  Vout=v_500;
  case 600
  v_600=1.60430931E-01+1.11267430E-03*T-1.08764510E-06*T^2+1.86971885E-
09*T^3-1.78531482E-12*T^4+8.88615685E-16*T^5-1.79601674E-19*T^6;
  Vout=v_600;
  case 800
  v_800=1.07689336E-01+9.19029983E-04*T-1.07291513E-06*T^2+1.82748834E-
09*T^3-1.73086657E-12*T^4+8.55512332E-16*T^5-1.71881445E-19*T^6;
  Vout=v_800;
  case 1000
  v_1000=7.56717130E-02+8.05628390E-04*T-1.07257331E-06*T^2+1.81565471E-
09*T^3-1.70998708E-12*T^4+8.41014871E-16*T^5-1.68244848E-19*T^6;
  Vout=v_1000;
  case 1200
  v_1200=5.43845163E-02+7.28587168E-04*T-1.06460329E-06*T^2+1.78986430E-
09*T^3-1.67542529E-12*T^4+8.19654872E-16*T^5-1.63224538E-19*T^6;
  Vout=v_1200;
  case 1400
  v_1400=3.86551440E-02+6.78194917E-04*T-1.07546366E-06*T^2+1.80179170E-
09*T^3-1.68086096E-12*T^4+8.19773070E-16*T^5-1.62800726E-19*T^6;
  Vout=v_1400;
  case 1600
  v_1600=2.71580959E-02+6.36833965E-04*T-1.06840785E-06*T^2+1.77945721E-
09*T^3-1.65131718E-12*T^4+8.01687544E-16*T^5-1.58581806E-19*T^6;
  Vout=v_1600;
  case 1800
  v_1800=1.76132265E-02+6.10169429E-04*T-1.08300423E-06*T^2+1.79946122E-
09*T^3-1.66582102E-12*T^4+8.06893763E-16*T^5-1.59285143E-19*T^6;
  Vout=v_1800;
  case 2000
  v_2000=1.02862718E-02+5.85391612E-04*T-1.08051793E-06*T^2+1.78700725E-
09*T^3-1.64735421E-12*T^4+7.95010687E-16*T^5-1.56437329E-19*T^6;
  Vout=v_2000;
  case 2500
  v_2500=-4.01390644E-03+5.50224380E-04*T-1.10853934E-06*T^2+1.82243269E-
09*T^3-1.67013572E-12*T^4+8.01641124E-16*T^5-1.56977085E-19*T^6;
  Vout=v_2500;

```

```

case 3000
v_3000=-1.45225592E-02+5.34438472E-04*T-1.15183105E-06*T^2+1.88726736E-
09*T^3-1.72319773E-12*T^4+8.24166637E-16*T^5-1.60858123E-19*T^6;
Vout=v_3000;
case 3500
v_3500=-2.23024071E-02+5.24376978E-04*T-1.18392453E-06*T^2+1.93147746E-
09*T^3-1.75588967E-12*T^4+8.36394696E-16*T^5-1.62646237E-19*T^6;
Vout=v_3500;
case 4000
v_4000=-2.82456487E-02+5.16760761E-04*T-1.20515491E-06*T^2+1.95608192E-
09*T^3-1.76954311E-12*T^4+8.39135404E-16*T^5-1.62529587E-19*T^6;
Vout=v_4000;
case 4500
v_4500=-3.40201781E-02+5.20451969E-04*T-1.25415404E-06*T^2+2.03192321E-
09*T^3-1.83408230E-12*T^4+8.67789023E-16*T^5-1.67722152E-19*T^6;
Vout=v_4500;
case 5000
v_5000=-3.82779638E-02+5.19269743E-04*T-1.27645108E-06*T^2+2.05910726E-
09*T^3-1.85088321E-12*T^4+8.72408136E-16*T^5-1.68041474E-19*T^6;
Vout=v_5000;
case 6000
v_6000=-4.67427510E-02+5.34123536E-04*T-1.36409256E-06*T^2+2.19167312E-
09*T^3-1.96119684E-12*T^4+9.20328161E-16*T^5-1.76542441E-19*T^6;
Vout=v_6000;
case 7000
v_7000=-5.42178605E-02+5.54986121E-04*T-1.45683824E-06*T^2+2.33275966E-
09*T^3-2.07939539E-12*T^4+9.72071302E-16*T^5-1.85800806E-19*T^6;
Vout=v_7000;
case 8000
v_8000=-6.14099230E-02+5.82376796E-04*T-1.56200141E-06*T^2+2.49501767E-
09*T^3-2.21735730E-12*T^4+1.03339832E-15*T^5-1.96947681E-19*T^6;
Vout=v_8000;
case 9000
v_9000=-6.76757283E-02+6.07632512E-04*T-1.65282312E-06*T^2+2.63115974E-
09*T^3-2.32981655E-12*T^4+1.08197090E-15*T^5-2.05527743E-19*T^6;
Vout=v_9000;
case 10000
v_10000=-7.43970100E-02+6.40782086E-04*T-1.76553735E-06*T^2+2.80476071E-
09*T^3-2.47725591E-12*T^4+1.14747754E-15*T^5-2.17434798E-19*T^6;
Vout=v_10000;
case 12500
v_12500=-9.01586182E-02+7.25444080E-04*T-2.03804060E-06*T^2+3.21857464E-
09*T^3-2.82397069E-12*T^4+1.29954327E-15*T^5-2.44738740E-19*T^6;
Vout=v_12500;
case 15000
v_15000=-1.09303292E-01+8.46210848E-04*T-2.41525563E-06*T^2+3.80481666E-
09*T^3-3.32640381E-12*T^4+1.52483257E-15*T^5-2.86070128E-19*T^6;
Vout=v_15000;
case 17500
v_17500=-1.29610911E-01+9.79912332E-04*T-2.82329105E-06*T^2+4.43531318E-
09*T^3-3.86383025E-12*T^4+1.76460109E-15*T^5-3.29855153E-19*T^6;
Vout=v_17500;
case 20000
v_20000=-1.51539129E-01+1.12814544E-03*T-3.26956129E-06*T^2+5.12266685E-
09*T^3-4.44794606E-12*T^4+2.02447761E-15*T^5-3.77193486E-19*T^6;
Vout=v_20000;
case 25000
v_25000=-2.52868083E-01+1.87600397E-03*T-5.57114763E-06*T^2+8.78954618E-

```

```

09*T^3-7.66025165E-12*T^4+3.49339473E-15*T^5-6.51491944E-19*T^6;
  Vout=v_25000;
  case 30000
  v_30000=-2.11946553E-01+1.51433745E-03*T-4.35648046E-06*T^2+6.69189406E-
09*T^3-5.69907246E-12*T^4+2.54732728E-15*T^5-4.66772665E-19*T^6;
  Vout=v_30000;
  case 35000
  v_35000=-1.75246458E-01+1.21587161E-03*T-3.41247443E-06*T^2+5.14046173E-
09*T^3-4.30682232E-12*T^4+1.89844423E-15*T^5-3.43736620E-19*T^6;
  Vout=v_35000;
  case 40000
  v_40000=-1.31802139E-01+8.79369853E-04*T-2.37884897E-06*T^2+3.48456451E-
09*T^3-2.85159419E-12*T^4+1.23190900E-15*T^5-2.19191645E-19*T^6;
  Vout=v_40000;
  case 50000
  v_50000=-2.62896801E-02+1.01855382E-04*T-7.11984166E-08*T^2-1.01032930E-
10*T^3+2.18513569E-13*T^4-1.43200918E-16*T^5+3.28318800E-20*T^6;
  Vout=v_50000;
  case 60000
  v_60000=1.14011866E-02-1.50140661E-04*T+6.06334231E-07*T^2-1.06529108E-
09*T^3+9.79897435E-13*T^4-4.59587996E-16*T^5+8.69201093E-20*T^6;
  Vout=v_60000;
end
elseif val=="T"
  switch P
  case 10
  v_10=T;
  Tx=-2.62670878E+02+2.02262784E+01*v_10+8.23771411E-02*v_10^2-2.46704488E-
03*v_10^3+4.06111719E-05*v_10^4-3.47993211E-07*v_10^5+1.21329633E-09*v_10^6;
  Vout=Tx;
  case 50
  v_50=T;
  Tx=-2.34301676E+02+8.30093887E+01*v_50+6.93878586E+00*v_50^2-
1.00388231E+00*v_50^3+8.03107094E-02*v_50^4-3.36005781E-03*v_50^5+5.74114860E-
05*v_50^6;
  Vout=Tx;
  case 100
  v_100=T;
  Tx=-2.05186026E+02+1.30245032E+02*v_100+4.64165317E+01*v_100^2-
1.32121126E+01*v_100^3+2.08523656E+00*v_100^4-1.72488414E-
01*v_100^5+5.83707655E-03*v_100^6;
  Vout=Tx;
  case 200
  v_200=T;
  Tx=-1.56183937E+02+1.44243780E+02*v_200+3.03486169E+02*v_200^2-
1.69546820E+02*v_200^3+5.26824455E+01*v_200^4-
8.60047586E+00*v_200^5+5.75521061E-01*v_200^6;
  Vout=Tx;
  case 300
  v_300=T;
  Tx=-1.12055572E+02+6.21684688E+01*v_300+9.14021017E+02*v_300^2-
7.58070632E+02*v_300^3+3.50292043E+02*v_300^4-
8.51552193E+01*v_300^5+8.49452613E+00*v_300^6;
  Vout=Tx;
  case 400
  v_400=T;
  Tx=-7.24677902E+01-9.75411855E+01*v_400+1.97921217E+03*v_400^2-
2.17102495E+03*v_400^3+1.32858571E+03*v_400^4-

```

```

4.28183430E+02*v_400^5+5.66735611E+01*v_400^6;
  Vout=Tx;
  case 500
  v_500=T;
  Tx=-3.67710782E+01-3.20783059E+02*v_500+3.57157122E+03*v_500^2-
4.86262860E+03*v_500^3+3.69783421E+03*v_500^4-
1.48230015E+03*v_500^5+2.44203331E+02*v_500^6;
  Vout=Tx;
  case 600
  v_600=T;
  Tx=-3.72957553E+00-6.02401929E+02*v_600+5.76389497E+03*v_600^2-
9.36048009E+03*v_600^3+8.49934937E+03*v_600^4-
4.07122294E+03*v_600^5+8.01973549E+02*v_600^6;
  Vout=Tx;
  case 800
  v_800=T;
  Tx=5.80613382E+01-1.34073050E+03*v_800+1.22823709E+04*v_800^2-
2.63622794E+04*v_800^3+3.16858069E+04*v_800^4-
2.01144375E+04*v_800^5+5.25588212E+03*v_800^6;
  Vout=Tx;
  case 1000
  v_1000=T;
  Tx=1.13823578E+02-2.27151711E+03*v_1000+2.19740140E+04*v_1000^2-
5.85536197E+04*v_1000^3+8.74847940E+04*v_1000^4-
6.91005606E+04*v_1000^5+2.24822492E+04*v_1000^6;
  Vout=Tx;
  case 1200
  v_1200=T;
  Tx=1.61154460E+02-3.30633718E+03*v_1200+3.47741938E+04*v_1200^2-
1.10399190E+05*v_1200^3+1.96779949E+05*v_1200^4-
1.85605386E+05*v_1200^5+7.21668377E+04*v_1200^6;
  Vout=Tx;
  case 1400
  v_1400=T;
  Tx=2.06610711E+02-4.50979133E+03*v_1400+5.14682852E+04*v_1400^2-
1.89661284E+05*v_1400^3+3.92802931E+05*v_1400^4-
4.30812919E+05*v_1400^5+1.94886780E+05*v_1400^6;
  Vout=Tx;
  case 1600
  v_1600=T;
  Tx=2.43439182E+02-5.71462709E+03*v_1600+7.10027704E+04*v_1600^2-
2.97080171E+05*v_1600^3+6.99454827E+05*v_1600^4-
8.72880002E+05*v_1600^5+4.49602955E+05*v_1600^6;
  Vout=Tx;
  case 1800
  v_1800=T;
  Tx=2.80583307E+02-7.08191016E+03*v_1800+9.49831530E+04*v_1800^2-
4.45119851E+05*v_1800^3+1.17492158E+06*v_1800^4-
1.64490631E+06*v_1800^5+9.50972831E+05*v_1800^6;
  Vout=Tx;
  case 2000
  v_2000=T;
  Tx=3.13253210E+02-8.48048952E+03*v_2000+1.22388952E+05*v_2000^2-
6.34333470E+05*v_2000^3+1.85362366E+06*v_2000^4-
2.87493647E+06*v_2000^5+1.84227124E+06*v_2000^6;
  Vout=Tx;
  case 2500
  v_2500=T;

```

```

Tx=3.78553071E+02-1.19982941E+04*v_2500+2.04580426E+05*v_2500^2-
1.30914883E+06*v_2500^3+4.73535162E+06*v_2500^4-
9.10774473E+06*v_2500^5+7.24735202E+06*v_2500^6;
Vout=Tx;
case 3000
v_3000=T;
Tx=4.32978615E+02-1.57175126E+04*v_3000+3.08946077E+05*v_3000^2-
2.34854620E+06*v_3000^3+1.01148250E+07*v_3000^4-
2.32012889E+07*v_3000^5+2.20436413E+07*v_3000^6;
Vout=Tx;
case 3500
v_3500=T;
Tx=4.72707512E+02-1.92516604E+04*v_3500+4.28972953E+05*v_3500^2-
3.76260023E+06*v_3500^3+1.87433679E+07*v_3500^4-
4.98136617E+07*v_3500^5+5.49054216E+07*v_3500^6;
Vout=Tx;
case 4000
v_4000=T;
Tx=5.01407427E+02-2.25264643E+04*v_4000+5.61063287E+05*v_4000^2-
5.55804809E+06*v_4000^3+3.13493411E+07*v_4000^4-
9.45055946E+07*v_4000^5+1.18312973E+08*v_4000^6;
Vout=Tx;
case 4500
v_4500=T;
Tx=5.24728624E+02-2.56942054E+04*v_4500+7.06754184E+05*v_4500^2-
7.78998677E+06*v_4500^3+4.90079995E+07*v_4500^4-
1.65073268E+08*v_4500^5+2.31200098E+08*v_4500^6;
Vout=Tx;
case 5000
v_5000=T;
Tx=5.39714325E+02-2.84502231E+04*v_5000+8.56293853E+05*v_5000^2-
1.03561935E+07*v_5000^3+7.16733261E+07*v_5000^4-
2.66076905E+08*v_5000^5+4.11309088E+08*v_5000^6;
Vout=Tx;
case 6000
v_6000=T;
Tx=5.57251613E+02-3.31588939E+04*v_6000+1.16767453E+06*v_6000^2-
1.65090810E+07*v_6000^3+1.34258580E+08*v_6000^4-
5.87904244E+08*v_6000^5+1.07507396E+09*v_6000^6;
Vout=Tx;
case 7000
v_7000=T;
Tx=5.60583429E+02-3.65309859E+04*v_7000+1.46987862E+06*v_7000^2-
2.35189167E+07*v_7000^3+2.17563615E+08*v_7000^4-
1.08794587E+09*v_7000^5+2.27898455E+09*v_7000^6;
Vout=Tx;
case 8000
v_8000=T;
Tx=5.54627237E+02-3.85993424E+04*v_8000+1.74225780E+06*v_8000^2-
3.07187297E+07*v_8000^3+3.14549072E+08*v_8000^4-
1.74749982E+09*v_8000^5+4.07924837E+09*v_8000^6;
Vout=Tx;
case 9000
v_9000=T;
Tx=5.44254200E+02-3.96529196E+04*v_9000+1.97844918E+06*v_9000^2-
3.75990295E+07*v_9000^3+4.16208801E+08*v_9000^4-
2.50583821E+09*v_9000^5+6.35242805E+09*v_9000^6;
Vout=Tx;

```

```

case 10000
v_10000=T;
Tx=5.30150665E+02-3.96409028E+04*v_10000+2.15898282E+06*v_10000^2-
4.31950215E+07*v_10000^3+5.02867701E+08*v_10000^4-
3.17883608E+09*v_10000^5+8.44323388E+09*v_10000^6;
Vout=Tx;
case 12500
v_12500=T;
Tx=4.93840605E+02-3.68499439E+04*v_12500+2.39091707E+06*v_12500^2-
4.89501193E+07*v_12500^3+5.45754154E+08*v_12500^4-
2.89452733E+09*v_12500^5+4.46652806E+09*v_12500^6;
Vout=Tx;
case 25000
v_25000=T;
Tx=3.88100459E+02-1.98808101E+02*v_25000-
1.09006335E+06*v_25000^2+3.36245840E+08*v_25000^3-
1.83316084E+10*v_25000^4+4.37480739E+11*v_25000^5-4.00619044E+12*v_25000^6;
Vout=Tx;

case 30000
v_30000=T;
v_60000=T;
Tx=2.16739371E+02+2.00501807E+05*v_60000-
6.35309064E+07*v_60000^2+1.26783365E+10*v_60000^3-
1.24967167E+12*v_60000^4+6.27846760E+13*v_60000^5-1.28041413E+15*v_60000^6;
Vout=Tx;
end
end
end
end

```

Fuente: Autores

### Anexo 8. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para energía interna (sistema internacional)

Descripción del código
<pre> function [Uout] = ienergy(val,T,P) if val=="U" switch P case 10 u_10=2.37255881E+03+1.41144882E+00*T+8.11069026E-05*T^2+3.99794337E-07*T^3- 3.23817803E-10*T^4+1.43201332E-13*T^5-2.96179168E-17*T^6; Uout=u_10; case 50 u_50=2.36418591E+03+1.47948408E+00*T-1.60061694E-04*T^2+8.48260722E-07*T^3- 7.77473164E-10*T^4+3.79112120E-13*T^5-7.89537905E-17*T^6; Uout=u_50; case 100 u_100=2.35459669E+03+1.55365470E+00*T-4.12721461E-04*T^2+1.30363046E- 06*T^3-1.22692171E-09*T^4+6.08306308E-13*T^5-1.26133410E-16*T^6; Uout=u_100; case 200 u_200=2.33662538E+03+1.68679585E+00*T-8.49532843E-04*T^2+2.06655080E- 06*T^3-1.96062181E-09*T^4+9.74489506E-13*T^5-2.00169777E-16*T^6; Uout=u_200; case 300 u_300=2.31828955E+03+1.82289383E+00*T-1.29653369E-03*T^2+2.84821870E- 06*T^3-2.71344357E-09*T^4+1.35082314E-12*T^5-2.76386920E-16*T^6; Uout=u_300; </pre>

```

case 400
u_400=2.30099425E+03+1.94586798E+00*T-1.68449492E-03*T^2+3.50277101E-
06*T^3-3.32446255E-09*T^4+1.64812084E-12*T^5-3.35202576E-16*T^6;
Uout=u_400;
case 500
u_500=2.28351840E+03+2.06980206E+00*T-2.07421326E-03*T^2+4.15835278E-
06*T^3-3.93495879E-09*T^4+1.94459219E-12*T^5-3.93766334E-16*T^6;
Uout=u_500;
case 600
u_600=2.26599205E+03+2.19323604E+00*T-2.45946313E-03*T^2+4.80190682E-
06*T^3-4.53055528E-09*T^4+2.23227407E-12*T^5-4.50329553E-16*T^6;
Uout=u_600;
case 800
u_800=2.22956885E+03+2.45157203E+00*T-3.26925563E-03*T^2+6.15900254E-
06*T^3-5.78986372E-09*T^4+2.84195945E-12*T^5-5.70456858E-16*T^6;
Uout=u_800;
case 1000
u_1000=2.19166953E+03+2.72114481E+00*T-4.11392664E-03*T^2+7.57247291E-
06*T^3-7.09922499E-09*T^4+3.47481652E-12*T^5-6.94960283E-16*T^6;
Uout=u_1000;
case 1200
u_1200=2.15427459E+03+2.98169626E+00*T-4.91349683E-03*T^2+8.88476388E-
06*T^3-8.29378964E-09*T^4+4.04328331E-12*T^5-8.05268203E-16*T^6;
Uout=u_1200;
case 1400
u_1400=2.11376320E+03+3.27025365E+00*T-5.81412974E-03*T^2+1.03837607E-
05*T^3-9.67471065E-09*T^4+4.70728295E-12*T^5-9.35291138E-16*T^6;
Uout=u_1400;
case 1600
u_1600=2.07550766E+03+3.53280687E+00*T-6.60546647E-03*T^2+1.16595055E-
05*T^3-1.08167427E-08*T^4+5.24252915E-12*T^5-1.03773553E-15*T^6;
Uout=u_1600;
case 1800
u_1800=2.03262633E+03+3.83802235E+00*T-7.55339836E-03*T^2+1.32278132E-
05*T^3-1.22529772E-08*T^4+5.92935155E-12*T^5-1.17156682E-15*T^6;
Uout=u_1800;
case 2000
u_2000=1.98934562E+03+4.14377676E+00*T-8.49500164E-03*T^2+1.47729434E-
05*T^3-1.36573846E-08*T^4+6.59643245E-12*T^5-1.30077209E-15*T^6;
Uout=u_2000;
case 2500
u_2500=1.88080664E+03+4.89826150E+00*T-1.07793946E-02*T^2+1.84615366E-
05*T^3-1.69609085E-08*T^4+8.14486030E-12*T^5-1.59713946E-15*T^6;
Uout=u_2500;
case 3000
u_3000=1.75727490E+03+5.77762595E+00*T-1.34857783E-02*T^2+2.28875968E-
05*T^3-2.09670151E-08*T^4+1.00396645E-11*T^5-1.96267729E-15*T^6;
Uout=u_3000;
case 3500
u_3500=1.63032946E+03+6.67097547E+00*T-1.61989574E-02*T^2+2.72674854E-
05*T^3-2.48838284E-08*T^4+1.18720921E-11*T^5-2.31272795E-15*T^6;
Uout=u_3500;
case 4000
u_4000=1.50211843E+03+7.55980563E+00*T-1.88559985E-02*T^2+3.14921984E-
05*T^3-2.86092906E-08*T^4+1.35929109E-11*T^5-2.63769026E-15*T^6;
Uout=u_4000;
case 4500
u_4500=1.35276280E+03+8.62633862E+00*T-2.21161821E-02*T^2+3.67727539E-

```

```

05*T^3-3.33407415E-08*T^4+1.58092634E-11*T^5-3.06147233E-15*T^6;
  Uout=u_4500;
  case 5000
  u_5000=1.21150857E+03+9.60314491E+00*T-2.50146412E-02*T^2+4.13416569E-
05*T^3-3.73350641E-08*T^4+1.76392611E-11*T^5-3.40445670E-15*T^6;
  Uout=u_5000;
  case 6000
  u_6000=8.78659098E+02+1.19623358E+01*T-3.21399090E-02*T^2+5.27364807E-
05*T^3-4.74212498E-08*T^4+2.23111443E-11*T^5-4.28870510E-15*T^6;
  Uout=u_6000;
  case 7000
  u_7000=5.06228885E+02+1.46073626E+01*T-4.01096038E-02*T^2+6.54351063E-
05*T^3-5.86171010E-08*T^4+2.74770387E-11*T^5-5.26293064E-15*T^6;
  Uout=u_7000;
  case 8000
  u_8000=8.27901412E+01+1.76323824E+01*T-4.92366187E-02*T^2+7.99744612E-
05*T^3-7.14250880E-08*T^4+3.33805536E-11*T^5-6.37504135E-15*T^6;
  Uout=u_8000;
  case 9000
  u_9000=-3.64825561E+02+2.08006773E+01*T-5.86939828E-02*T^2+9.48819309E-
05*T^3-8.44281762E-08*T^4+3.93198757E-11*T^5-7.48471048E-15*T^6;
  Uout=u_9000;
  case 10000
  u_10000=-8.83062430E+02+2.45064503E+01*T-6.98206156E-02*T^2+1.12492462E-
04*T^3-9.98378642E-08*T^4+4.63769460E-11*T^5-8.80618995E-15*T^6;
  Uout=u_10000;
  case 12500
  u_12500=-2.37615280E+03+3.51347196E+01*T-1.01484714E-01*T^2+1.62190934E-
04*T^3-1.42973621E-07*T^4+6.59822505E-11*T^5-1.24519301E-14*T^6;
  Uout=u_12500;
  case 15000
  u_15000=2.50886148E+02+1.31714815E+01*T-2.91142100E-02*T^2+4.00190911E-
05*T^3-3.07925766E-08*T^4+1.26344504E-11*T^5-2.15388492E-15*T^6;
  Uout=u_15000;
  case 17500
  u_17500=-7.08638059E+03+6.91520740E+01*T-2.03369398E-01*T^2+3.22415880E-
04*T^3-2.82107798E-07*T^4+1.29206901E-10*T^5-2.42031315E-14*T^6;
  Uout=u_17500;
  case 20000
  u_20000=-1.04687838E+04+9.36194554E+01*T-2.76422403E-01*T^2+4.36778747E-
04*T^3-3.80931964E-07*T^4+1.73898347E-10*T^5-3.24718884E-14*T^6;
  Uout=u_20000;
  case 25000
  u_25000=-2.40666253E+04+1.94316682E+02*T-5.81828315E-01*T^2+9.20608983E-
04*T^3-8.03043500E-07*T^4+3.66314297E-10*T^5-6.83133838E-14*T^6;
  Uout=u_25000;
  case 30000
  u_30000=-3.16277346E+04+2.45528177E+02*T-7.25117102E-01*T^2+1.13139580E-
03*T^3-9.74780550E-07*T^4+4.39800019E-10*T^5-8.12231646E-14*T^6;
  Uout=u_30000;
  case 35000
  u_35000=-2.85498150E+04+2.15449240E+02*T-6.17099124E-01*T^2+9.38956258E-
04*T^3-7.91617957E-07*T^4+3.50499677E-10*T^5-6.36757600E-14*T^6;
  Uout=u_35000;
  case 40000
  u_40000=-2.76965504E+04+2.03709750E+02*T-5.69713505E-01*T^2+8.49660695E-
04*T^3-7.03957266E-07*T^4+3.06971828E-10*T^5-5.50257564E-14*T^6;
  Uout=u_40000;

```

```

case 50000
u_50000=-2.84602049E+04+2.01113133E+02*T-5.45033400E-01*T^2+7.91367955E-
04*T^3-6.40576540E-07*T^4+2.73702143E-10*T^5-4.81907239E-14*T^6;
Uout=u_50000;
case 60000
u_60000=-2.03222512E+04+1.37027203E+02*T-3.46567530E-01*T^2+4.75633408E-
04*T^3-3.66179571E-07*T^4+1.49606662E-10*T^5-2.53027331E-14*T^6;
Uout=u_60000;
end
elseif val=="T"
switch P
case 10
v_10=T;
Tx=1.08053278E+03-4.55784007E+00*v_10+3.96056900E-03*v_10^2-1.50865453E-
06*v_10^3+3.10438625E-10*v_10^4-3.34487045E-14*v_10^5+1.48622012E-18*v_10^6;
Uout=Tx;
case 50
v_50=T;
Tx=4.40914038E+03-1.00276205E+01*v_50+7.68683819E-03*v_50^2-2.85531364E-
06*v_50^3+5.82695251E-10*v_50^4-6.26422240E-14*v_50^5+2.78331827E-18*v_50^6;
Uout=Tx;
case 100
v_100=T;
Tx=7.51930001E+03-1.50974761E+01*v_100+1.11152520E-02*v_100^2-4.08592207E-
06*v_100^3+8.29928269E-10*v_100^4-8.89983219E-14*v_100^5+3.94802519E-
18*v_100^6;
Uout=Tx;
case 200
v_200=T;
Tx=1.21735044E+04-2.26122418E+01*v_200+1.61522664E-02*v_200^2-5.87910202E-
06*v_200^3+1.18742460E-09*v_200^4-1.26835920E-13*v_200^5+5.60889348E-
18*v_200^6;
Uout=Tx;
case 300
v_300=T;
Tx=1.64759709E+04-2.95556753E+01*v_300+2.08050711E-02*v_300^2-7.53534413E-
06*v_300^3+1.51763476E-09*v_300^4-1.61790987E-13*v_300^5+7.14361250E-
18*v_300^6;
Uout=Tx;
case 400
v_400=T;
Tx=1.96182947E+04-3.45582464E+01*v_400+2.41145471E-02*v_400^2-8.69918332E-
06*v_400^3+1.74701633E-09*v_400^4-1.85808776E-13*v_400^5+8.18724522E-
18*v_400^6;
Uout=Tx;
case 500
v_500=T;
Tx=2.25052044E+04-3.91449258E+01*v_500+2.71435469E-02*v_500^2-9.76273814E-
06*v_500^3+1.95634584E-09*v_500^4-2.07700379E-13*v_500^5+9.13746450E-18*v_500^6
;
Uout=Tx;
case 600
v_600=T;
Tx=2.50981964E+04-4.32488165E+01*v_600+2.98441292E-02*v_600^2-1.07078628E-
05*v_600^3+2.14179616E-09*v_600^4-2.27039178E-13*v_600^5+9.97462676E-
18*v_600^6;
Uout=Tx;
case 800

```

```

v_800=T;
Tx=3.00107749E+04-5.10246575E+01*v_800+3.49625831E-02*v_800^2-1.24999810E-
05*v_800^3+2.49364266E-09*v_800^4-2.63754227E-13*v_800^5+1.15651688E-
17*v_800^6;
Uout=Tx;
case 1000
v_1000=T;
Tx=3.44136001E+04-5.79751770E+01*v_1000+3.95272427E-02*v_1000^2-
1.40949715E-05*v_1000^3+2.80622824E-09*v_1000^4-2.96320784E-
13*v_1000^5+1.29740073E-17*v_1000^6;
Uout=Tx;
case 1200
v_1200=T;
Tx=3.78229357E+04-6.32879879E+01*v_1200+4.29738484E-02*v_1200^2-
1.52853332E-05*v_1200^3+3.03693658E-09*v_1200^4-3.20103360E-
13*v_1200^5+1.39924763E-17*v_1200^6;
Uout=Tx;
case 1400
v_1400=T;
Tx=4.13409100E+04-6.88047945E+01*v_1400+4.65756031E-02*v_1400^2-
1.65372130E-05*v_1400^3+3.28110830E-09*v_1400^4-3.45432104E-
13*v_1400^5+1.50838885E-17*v_1400^6;
Uout=Tx;
case 1600
v_1600=T;
Tx=4.37414126E+04-7.24744180E+01*v_1600+4.89130006E-02*v_1600^2-
1.73303866E-05*v_1600^3+3.43224377E-09*v_1600^4-3.60757720E-
13*v_1600^5+1.57298259E-17*v_1600^6;
Uout=Tx;
case 1800
v_1800=T;
Tx=4.65478875E+04-7.68403447E+01*v_1800+5.17429398E-02*v_1800^2-
1.83075943E-05*v_1800^3+3.62170726E-09*v_1800^4-3.80303990E-
13*v_1800^5+1.65678371E-17*v_1800^6;
Uout=Tx;
case 2000
v_2000=T;
Tx=4.88916628E+04-8.04504522E+01*v_2000+5.40612041E-02*v_2000^2-
1.91010562E-05*v_2000^3+3.77425519E-09*v_2000^4-3.95916044E-
13*v_2000^5+1.72320768E-17*v_2000^6;
Uout=Tx;
case 2500
v_2500=T;
Tx=5.30796218E+04-8.67529404E+01*v_2500+5.80183380E-02*v_2500^2-
2.04260584E-05*v_2500^3+4.02359061E-09*v_2500^4-4.20903643E-
13*v_2500^5+1.82736031E-17*v_2500^6;
Uout=Tx;
case 3000
v_3000=T;
Tx=5.68077963E+04-9.23703220E+01*v_3000+6.15533083E-02*v_3000^2-
2.16134084E-05*v_3000^3+4.24788615E-09*v_3000^4-4.43482826E-
13*v_3000^5+1.92194834E-17*v_3000^6;
Uout=Tx;
case 3500
v_3500=T;
Tx=5.90670678E+04-9.56094592E+01*v_3500+6.34913090E-02*v_3500^2-
2.22315449E-05*v_3500^3+4.35860520E-09*v_3500^4-4.54033771E-
13*v_3500^5+1.96371492E-17*v_3500^6;

```

```

Uout=Tx;
case 4000
v_4000=T;
Tx=6.02381812E+04-9.70962849E+01*v_4000+6.42585090E-02*v_4000^2-
2.24342914E-05*v_4000^3+4.38679371E-09*v_4000^4-4.55878806E-
13*v_4000^5+1.96738908E-17*v_4000^6;
Uout=Tx;
case 4500
v_4500=T;
T=6.12238857E+04-9.83275527E+01*v_4500+6.48821601E-02*v_4500^2-2.25952328E-
05*v_4500^3+4.40838881E-09*v_4500^4-4.57198831E-13*v_4500^5+1.96946982E-
17*v_4500^6;
Uout=Tx;
case 5000
v_5000=T;
Tx=6.12098613E+04-9.79398037E+01*v_5000+6.44180264E-02*v_5000^2-
2.23681215E-05*v_5000^3+4.35247214E-09*v_5000^4-4.50299826E-
13*v_5000^5+1.93540721E-17*v_5000^6;
Uout=Tx;
case 6000
v_6000=T;
Tx=8.08787165E+01-3.58511839E-01*v_6000+1.43758970E-03*v_6000^2-
1.41255961E-06*v_6000^3+5.85737080E-10*v_6000^4-1.07374515E-
13*v_6000^5+7.26189945E-18*v_6000^6;
Uout=Tx;
case 7000
v_7000=T;
Tx=5.77385498E+04-9.10667151E+01*v_7000+5.91145131E-02*v_7000^2-
2.02722455E-05*v_7000^3+3.89937510E-09*v_7000^4-3.99131730E-
13*v_7000^5+1.69855411E-17*v_7000^6;
Uout=Tx;
case 8000
v_8000=T;
Tx=5.40274342E+04-8.45036401E+01*v_8000+5.44054261E-02*v_8000^2-
1.85041124E-05*v_8000^3+3.53140838E-09*v_8000^4-3.58782034E-
13*v_8000^5+1.51609343E-17*v_8000^6;
Uout=Tx;
case 9000
v_9000=T;
Tx=4.97305777E+04-7.70442375E+01*v_9000+4.91249838E-02*v_9000^2-
1.65418482E-05*v_9000^3+3.12636968E-09*v_9000^4-3.14660582E-
13*v_9000^5+1.31766278E-17*v_9000^6;
Uout=Tx;
case 10000
v_10000=T;
Tx=4.46783286E+04-6.83847577E+01*v_10000+4.30505187E-02*v_10000^2-
1.42997116E-05*v_10000^3+2.66593606E-09*v_10000^4-2.64704146E-
13*v_10000^5+1.09368763E-17*v_10000^6;
Uout=Tx;
case 12500
v_12500=T;
Tx=3.13860376E+04-4.58201043E+01*v_12500+2.73364389E-02*v_12500^2-
8.53209996E-06*v_12500^3+1.48676561E-09*v_12500^4-1.37213858E-
13*v_12500^5+5.23684503E-18*v_12500^6;
Uout=Tx;
Tx=-9.72527060E+03+2.35493119E+01*v_20000-2.08342105E-
02*v_20000^2+9.13771592E-06*v_20000^3-2.12973802E-09*v_20000^4+2.54726736E-
13*v_20000^5-1.23453795E-17*v_20000^6;

```

```

Uout=Tx;
case 25000
v_25000=T;
Tx=-2.44912598E+04+4.85219335E+01*v_25000-3.82165679E-
02*v_25000^2+1.55360489E-05*v_25000^3-3.44563486E-09*v_25000^4+3.98218903E-
13*v_25000^5-1.88298157E-17*v_25000^6;
Uout=Tx;
case 30000
Tx=-1.45158784E+04+2.72843791E+01*v_60000-2.02888776E-
02*v_60000^2+7.83902472E-06*v_60000^3-1.65616215E-09*v_60000^4+1.82900891E-
13*v_60000^5-8.29204171E-18*v_60000^6;
Uout=Tx;
end
end
end
end
end

```

Fuente: Autores

### Anexo 9. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para entalpía (sistema internacional)

Descripción del código
<pre> %function [Hout] = enthalpy(val,T,P) if val=="H"  switch P case 10 h_10=2.49798144E+03+1.87849306E+00*T+5.99417538E-05*T^2+4.42193475E-07*T^3- 3.69520222E-10*T^4+1.68258621E-13*T^5-3.50939836E-17*T^6; Hout=h_10; case 50 h_50=2.48743347E+03+1.96303094E+00*T-2.38178390E-04*T^2+9.95831417E-07*T^3- 9.29620776E-10*T^4+4.59716615E-13*T^5-9.60996510E-17*T^6; Hout=h_50; case 100 h_100=2.47529593E+03+2.05555455E+00*T-5.51301948E-04*T^2+1.55870035E- 06*T^3-1.48459191E-09*T^4+7.42629970E-13*T^5-1.54338848E-16*T^6; Hout=h_100; case 200 h_200=2.45243153E+03+2.22262259E+00*T-1.09595307E-03*T^2+2.50757231E- 06*T^3-2.39622330E-09*T^4+1.19749127E-12*T^5-2.46311052E-16*T^6; Hout=h_200; case 300 h_300=2.42960075E+03+2.38773097E+00*T-1.62886751E-03*T^2+3.42817010E- 06*T^3-3.27461760E-09*T^4+1.63334323E-12*T^5-3.34045560E-16*T^6; Hout=h_300; case 400 h_400=2.40700359E+03+2.54850889E+00*T-2.13945336E-03*T^2+4.29742104E- 06*T^3-4.09358407E-09*T^4+2.03531760E-12*T^5-4.14210990E-16*T^6; Hout=h_400; case 500 h_500=2.38544440E+03+2.69645443E+00*T-2.59326950E-03*T^2+5.04608457E- 06*T^3-4.77948879E-09*T^4+2.36378384E-12*T^5-4.78310212E-16*T^6; Hout=h_500; case 600 h_600=2.36225061E+03+2.86084064E+00*T-3.11205023E-03*T^2+5.92373819E- 06*T^3-5.60174423E-09*T^4+2.76544351E-12*T^5-5.58090563E-16*T^6; Hout=h_600; case 800 </pre>

```

h_800=2.31572031E+03+3.18679604E+00*T-4.12758779E-03*T^2+7.62099328E-
06*T^3-7.17455705E-09*T^4+3.52636935E-12*T^5-7.07962021E-16*T^6;
Hout=h_800;
case 1000
h_1000=2.26734124E+03+3.52677322E+00*T-5.18650001E-03*T^2+9.38812771E-
06*T^3-8.80921214E-09*T^4+4.31583143E-12*T^5-8.63205138E-16*T^6;
Hout=h_1000;
case 1200
h_1200=2.21953601E+03+3.85600088E+00*T-6.19102084E-03*T^2+1.10326011E-
05*T^3-1.03043000E-08*T^4+5.02686919E-12*T^5-1.00113765E-15*T^6;
Hout=h_1200;
case 1400
h_1400=2.16788040E+03+4.21972656E+00*T-7.31977892E-03*T^2+1.29062691E-
05*T^3-1.20279160E-08*T^4+5.85496529E-12*T^5-1.16321216E-15*T^6;
Hout=h_1400;
case 1600
h_1600=2.11896061E+03+4.55174124E+00*T-8.31491910E-03*T^2+1.45066372E-
05*T^3-1.34588502E-08*T^4+6.52522926E-12*T^5-1.29146642E-15*T^6;
Hout=h_1600;
case 1800
h_1800=2.06433014E+03+4.93632735E+00*T-9.50280606E-03*T^2+1.64668435E-
05*T^3-1.52514552E-08*T^4+7.38176036E-12*T^5-1.45828009E-15*T^6;
Hout=h_1800;
case 2000
h_2000=2.00917743E+03+5.32177402E+00*T-1.06834367E-02*T^2+1.83992952E-
05*T^3-1.70055123E-08*T^4+8.21425971E-12*T^5-1.61944641E-15*T^6;
Hout=h_2000;
case 2500
h_2500=1.87077187E+03+6.27382239E+00*T-1.35507427E-02*T^2+2.30176178E-
05*T^3-2.11362473E-08*T^4+1.01489628E-11*T^5-1.98958212E-15*T^6;
Hout=h_2500;
case 3000
h_3000=1.71370722E+03+7.38094138E+00*T-1.69412715E-02*T^2+2.85493988E-
05*T^3-2.61366082E-08*T^4+1.25121644E-11*T^5-2.44525165E-15*T^6;
Hout=h_3000;
case 3500
h_3500=1.55227102E+03+8.50629499E+00*T-2.03426937E-02*T^2+3.40276571E-
05*T^3-3.10294429E-08*T^4+1.47994739E-11*T^5-2.88198984E-15*T^6;
Hout=h_3500;
case 4000
h_4000=1.38913582E+03+9.62684879E+00*T-2.36766185E-02*T^2+3.93165268E-
05*T^3-3.56874637E-08*T^4+1.69494529E-11*T^5-3.28780868E-15*T^6;
Hout=h_4000;
case 4500
h_4500=1.19967198E+03+1.09683726E+01*T-2.77598757E-02*T^2+4.59164092E-
05*T^3-4.15941126E-08*T^4+1.97143144E-11*T^5-3.81622209E-15*T^6;
Hout=h_4500;
case 5000
h_5000=1.02011873E+03+1.21994937E+01*T-3.13968972E-02*T^2+5.16371941E-
05*T^3-4.65894810E-08*T^4+2.20013022E-11*T^5-4.24466417E-15*T^6;
Hout=h_5000;
case 6000
h_6000=5.98202567E+02+1.51670772E+01*T-4.03244650E-02*T^2+6.58865206E-
05*T^3-5.91884319E-08*T^4+2.78331138E-11*T^5-5.34795985E-15*T^6;
Hout=h_6000;
case 7000
h_7000=1.26703827E+02+1.84922657E+01*T-5.03074724E-02*T^2+8.17644254E-
05*T^3-7.31728702E-08*T^4+3.42815385E-11*T^5-6.56353642E-15*T^6;

```

```

Hout=h_7000;
case 8000
h_8000=-4.08489273E+02+2.22913970E+01*T-6.17326307E-02*T^2+9.99346037E-
05*T^3-8.91639474E-08*T^4+4.16477408E-11*T^5-7.95062290E-15*T^6;
Hout=h_8000;
case 9000
h_9000=-9.73907124E+02+2.62693699E+01*T-7.35693908E-02*T^2+1.18562368E-
04*T^3-1.05396524E-07*T^4+4.90576138E-11*T^5-9.33446014E-15*T^6;
Hout=h_9000;
case 10000
h_10000=-1.62703252E+03+3.09142710E+01*T-8.74759885E-02*T^2+1.40540068E-
04*T^3-1.24610422E-07*T^4+5.78517208E-11*T^5-1.09805378E-14*T^6;
Hout=h_10000;
case 12500
h_12500=-3.50313546E+03+4.42027699E+01*T-1.26960220E-01*T^2+2.02423114E-
04*T^3-1.78273251E-07*T^4+8.22265396E-11*T^5-1.55111640E-14*T^6;
Hout=h_12500;
case 15000
h_15000=-6.08397558E+03+6.27597298E+01*T-1.82514639E-01*T^2+2.89884909E-
04*T^3-2.54347926E-07*T^4+1.16858869E-10*T^5-2.19597497E-14*T^6;
Hout=h_15000;
case 17500
h_17500=-9.35457140E+03+8.63005387E+01*T-2.52776987E-01*T^2+4.00033854E-
04*T^3-3.49724821E-07*T^4+1.60087417E-10*T^5-2.99755962E-14*T^6;
Hout=h_17500;
case 20000
h_20000=-1.34995662E+04+1.16182363E+02*T-3.41813624E-01*T^2+5.39232077E-
04*T^3-4.69890879E-07*T^4+2.14387896E-10*T^5-4.00157576E-14*T^6;
Hout=h_20000;
case 25000
h_25000=-2.71720921E+04+2.16067899E+02*T-6.41638436E-01*T^2+1.01022809E-
03*T^3-8.77886548E-07*T^4+3.99233313E-10*T^5-7.42642700E-14*T^6;
Hout=h_25000;
case 30000
h_30000=-3.05528894E+04+2.34007725E+02*T-6.79049697E-01*T^2+1.04724146E-
03*T^3-8.93798634E-07*T^4+4.00110067E-10*T^5-7.34039366E-14*T^6;
Hout=h_30000;

h_35000=-3.32838552E+04+2.47453098E+02*T-7.04247501E-01*T^2+1.06747420E-
03*T^3-8.97399075E-07*T^4+3.96425559E-10*T^5-7.18825193E-14*T^6;
Hout=h_35000;
case 40000
h_40000=-3.34284561E+04+2.42294241E+02*T-6.75149013E-01*T^2+1.00519872E-
03*T^3-8.31990790E-07*T^4+3.62559903E-10*T^5-6.49591393E-14*T^6;
Hout=h_40000;
case 50000
h_50000=-3.12605358E+04+2.17220842E+02*T-5.81799879E-01*T^2+8.38483674E-
04*T^3-6.74752904E-07*T^4+2.86916880E-10*T^5-5.03117117E-14*T^6;
Hout=h_50000;
case 60000
h_60000=-2.10917016E+04+1.38622362E+02*T-3.41698726E-01*T^2+4.60592003E-
04*T^3-3.49165403E-07*T^4+1.40715823E-10*T^5-2.35071000E-14*T^6;
Hout=h_60000;
end
elseif val=="T"
switch P
case 10
v_10=T;

```

```

Tx=-2.62670878E+02+2.02262784E+01*v_10+8.23771411E-02*v_10^2-2.46704488E-
03*v_10^3+4.06111719E-05*v_10^4-3.47993211E-07*v_10^5+1.21329633E-09*v_10^6;
Hout=Tx;
case 50
v_50=T;
Tx=1.31305514E+03-3.60127512E+00*v_50+2.62329083E-03*v_50^2-8.60633722E-
07*v_50^3+1.54492950E-10*v_50^4-1.46081019E-14*v_50^5+5.71158781E-19*v_50^6;
Hout=Tx;
case 100
v_100=T;
Tx=2.76716427E+03-5.70153525E+00*v_100+3.88139659E-03*v_100^2-1.26040746E-
06*v_100^3+2.25534118E-10*v_100^4-2.13005945E-14*v_100^5+8.32254613E-
19*v_100^6;
Hout=Tx;
case 200
v_200=T;
Tx=4.96973892E+03-8.84585449E+00*v_200+5.74489292E-03*v_200^2-1.84675094E-
06*v_200^3+3.28785904E-10*v_200^4-3.09458658E-14*v_200^5+1.20561450E-
18*v_200^6;
Hout=Tx;
case 300
v_300=T;
Tx=6.88226231E+03-1.15636090E+01*v_300+7.34912556E-03*v_300^2-2.34972496E-
06*v_300^3+4.17076191E-10*v_300^4-3.91700927E-14*v_300^5+1.52315428E-
18*v_300^6;
Hout=Tx;
Case 400
v_400=T;
Tx=8.50382469E+03-1.38508333E+01*v_400+8.69009851E-03*v_400^2-2.76754158E-
06*v_400^3+4.89995563E-10*v_400^4-4.59261767E-14*v_400^5+1.78271011E-
18*v_400^6;
Hout=Tx;
case 500
v_500=T;
Tx=9.74643211E+03-1.55752149E+01*v_500+9.68569131E-03*v_500^2-3.07326721E-
06*v_500^3+5.42619689E-10*v_500^4-5.07381291E-14*v_500^5+1.96527323E-
18*v_500^6;
Hout=Tx;
case 600
v_600=T;
Tx=1.11307762E+04-1.75182058E+01*v_600+1.08200179E-02*v_600^2-3.42539375E-
06*v_600^3+6.03875464E-10*v_600^4-5.63973342E-14*v_600^5+2.18213790E-
18*v_600^6;
Hout=Tx;
case 800
v_800=T;
Tx=1.34721131E+04-2.07772319E+01*v_800+1.27082824E-02*v_800^2-4.00747481E-
06*v_800^3+7.04478014E-10*v_800^4-6.56355401E-14*v_800^5+2.53415664E-
18*v_800^6;
Hout=Tx;
case 1000
v_1000=T;
Tx=1.55600740E+04-2.36727277E+01*v_1000+1.43805943E-02*v_1000^2-
4.52157063E-06*v_1000^3+7.93117487E-10*v_1000^4-7.37580398E-
14*v_1000^5+2.84308597E-18*v_1000^6;
Hout=Tx;
case 1200
v_1200=T;

```

```

Tx=1.71865813E+04-2.58924673E+01*v_1200+1.56435657E-02*v_1200^2-
4.90438155E-06*v_1200^3+8.58243114E-10*v_1200^4-7.96504163E-
14*v_1200^5+3.06450097E-18*v_1200^6;
Hout=Tx;
case 1400
v_1400=T;
Tx=1.88385329E+04-2.81622943E+01*v_1400+1.69440525E-02*v_1400^2-
5.30135074E-06*v_1400^3+9.26256630E-10*v_1400^4-8.58475787E-
14*v_1400^5+3.29899866E-18*v_1400^6;
Hout=Tx;
case 1600
v_1600=T;
Tx=1.99819861E+04-2.96849613E+01*v_1600+1.77905188E-02*v_1600^2-
5.55227602E-06*v_1600^3+9.68040839E-10*v_1600^4-8.95506710E-
14*v_1600^5+3.43538860E-18*v_1600^6;
Hout=Tx;
case 1800
v_1800=T;
Tx=2.12849955E+04-3.14553207E+01*v_1800+1.87948277E-02*v_1800^2-
5.85612393E-06*v_1800^3+1.01968246E-09*v_1800^4-9.42217397E-
14*v_1800^5+3.61096018E-18*v_1800^6;
Hout=Tx;
case 2000
v_2000=T;
Tx=2.23697985E+04-3.29098154E+01*v_2000+1.96098099E-02*v_2000^2-
6.09983259E-06*v_2000^3+1.06064721E-09*v_2000^4-9.78883021E-
14*v_2000^5+3.74740257E-18*v_2000^6;
Hout=Tx;
case 2500
v_2500=T;
Tx=2.42968145E+04-3.54138951E+01*v_2500+2.09709397E-02*v_2500^2-
6.49493400E-06*v_2500^3+1.12514413E-09*v_2500^4-1.03496889E-
13*v_2500^5+3.95025135E-18*v_2500^6;
Hout=Tx;
Case 3000
v_3000=T;
Tx=2.59509467E+04-3.75567343E+01*v_3000+2.21342241E-02*v_3000^2-
6.83266845E-06*v_3000^3+1.18035484E-09*v_3000^4-1.08309948E-
13*v_3000^5+4.12492724E-18*v_3000^6;
Hout=Tx;
case 3500
v_3500=T;
Tx=2.69171018E+04-3.87151667E+01*v_3500+2.27136242E-02*v_3500^2-
6.98669072E-06*v_3500^3+1.20323085E-09*v_3500^4-1.10104698E-
13*v_3500^5+4.18286682E-18*v_3500^6;
Hout=Tx;
case 4000
v_4000=T;
Tx=2.73788211E+04-3.91571479E+01*v_4000+2.28709550E-02*v_4000^2-
7.00874091E-06*v_4000^3+1.20301167E-09*v_4000^4-1.09754939E-
13*v_4000^5+4.15826584E-18*v_4000^6;
Hout=Tx;
case 4500
v_4500=T;
Tx=2.77181577E+04-3.94461625E+01*v_4500+2.29497355E-02*v_4500^2-
7.00962966E-06*v_4500^3+1.19964795E-09*v_4500^4-1.09161868E-
13*v_4500^5+4.12605642E-18*v_4500^6;
Hout=Tx;

```

```

case 5000
v_5000=T;
Tx=2.76197957E+04-3.91100755E+01*v_5000+2.26581937E-02*v_5000^2-
6.89407597E-06*v_5000^3+1.17579345E-09*v_5000^4-1.06655745E-
13*v_5000^5+4.01982362E-18*v_5000^6;
Hout=Tx;
case 6000
v_6000=T;
Tx=2.69616651E+04-3.78163962E+01*v_6000+2.17272487E-02*v_6000^2-
6.55944547E-06*v_6000^3+1.11081135E-09*v_6000^4-1.00111617E-
13*v_6000^5+3.75094737E-18*v_6000^6;
Hout=Tx;
case 7000
v_7000=T;
Tx=2.56148342E+04-3.55685031E+01*v_7000+2.02464809E-02*v_7000^2-
6.05626673E-06*v_7000^3+1.01685007E-09*v_7000^4-9.09187370E-
14*v_7000^5+3.38154606E-18*v_7000^6;
Hout=Tx;
case 8000
v_8000=T;
Tx=2.37620669E+04-3.26221193E+01*v_8000+1.83641868E-02*v_8000^2-
5.43016252E-06*v_8000^3+9.01763014E-10*v_8000^4-7.97943291E-
14*v_8000^5+2.93877152E-18*v_8000^6;
Hout=Tx;
case 9000
Tx=-3.03019582E+03+7.97750176E+00*v_20000-6.73548903E-
03*v_20000^2+2.72636699E-06*v_20000^3-5.72453064E-10*v_20000^4+6.09704787E-
14*v_20000^5-2.61485079E-18*v_20000^6;
Hout=Tx;
case 25000
v_25000=T;
Tx=-8.66814319E+03+1.64519239E+01*v_25000-1.19394678E-
02*v_25000^2+4.41169002E-06*v_25000^3-8.77093688E-10*v_25000^4+9.01565350E-
14*v_25000^5-3.77338939E-18*v_25000^6;
Hout=Tx;
case 30000
v_30000=T;
Tx=-8.19371086E+03+1.53356422E+01*v_30000-1.09661354E-
02*v_30000^2+4.00251266E-06*v_30000^3-7.86964144E-10*v_30000^4+8.00921755E-
14*v_30000^5-3.32252442E-18*v_30000^6;
Hout=Tx;
case 35000
v_35000=T;
Tx=-7.99377800E+03+1.47104966E+01*v_35000-1.03573987E-
02*v_35000^2+3.73407918E-06*v_35000^3-7.26505738E-10*v_35000^4+7.32712845E-
14*v_35000^5-3.01570605E-18*v_35000^6;
Hout=Tx;
case 40000
v_40000=T;
Tx=-7.69285756E+03+1.39647242E+01*v_40000-9.70107579E-
03*v_40000^2+3.45996725E-06*v_40000^3-6.66847062E-10*v_40000^4+6.66995809E-
14*v_40000^5-2.72531481E-18*v_40000^6;
Hout=Tx;
case 50000
v_50000=T;
Tx=-7.05929013E+03+1.25229852E+01*v_50000-8.49497936E-
03*v_50000^2+2.97278390E-06*v_50000^3-5.63365203E-10*v_50000^4+5.55143870E-
14*v_50000^5-2.23858462E-18*v_50000^6;

```

```
Hout=Tx;
case 60000
v_60000=T;
Tx=-5.87319900E+03+1.03015233E+01*v_60000-6.84833836E-
03*v_60000^2+2.35565644E-06*v_60000^3-4.38557301E-10*v_60000^4+4.24701411E-
14*v_60000^5-1.68427699E-18*v_60000^6;
Hout=Tx;
end
end
end
```

Fuente: Autores

### Anexo 10. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para entropía (sistema internacional)

Descripción del código
<pre>function [Sout] = entropy(val,T,P) if val=="S" switch P case 10 s_10=7.86980923E+00+6.53913265E-03*T-8.83667975E-06*T^2+1.17057775E-08*T^3- 1.01252581E-11*T^4+4.86448444E-15*T^5-9.76707907E-19*T^6; Sout=s_10; case 50 s_50=7.10832354E+00+6.67606594E-03*T-9.24653139E-06*T^2+1.23299172E-08*T^3- 1.06309006E-11*T^4+5.07016968E-15*T^5-1.00931401E-18*T^6; Sout=s_50; case 100 s_100=6.76458346E+00+6.86227141E-03*T-9.85975557E-06*T^2+1.33862505E- 08*T^3-1.16255860E-11*T^4+5.55490360E-15*T^5-1.10494689E-18*T^6; Sout=s_100; case 200 s_200=6.39970601E+00+7.20596770E-03*T-1.09737374E-05*T^2+1.52841309E- 08*T^3-1.33995661E-11*T^4+6.41531049E-15*T^5-1.27420923E-18*T^6; Sout=s_200; case 300 s_300=6.16706241E+00+7.55602338E-03*T-1.21189380E-05*T^2+1.72570734E- 08*T^3-1.52660911E-11*T^4+7.33183217E-15*T^5-1.45672036E-18*T^6; Sout=s_300; case 400 s_400=5.98981454E+00+7.89261221E-03*T-1.32037987E-05*T^2+1.91018534E- 08*T^3-1.69919017E-11*T^4+8.17114889E-15*T^5-1.62248112E-18*T^6; Sout=s_400; case 500 s_500=5.84592584E+00+8.18842502E-03*T-1.41159987E-05*T^2+2.05898414E- 08*T^3-1.83313813E-11*T^4+8.79995694E-15*T^5-1.74271038E-18*T^6; Sout=s_500; case 600 s_600=5.71633649E+00+8.53208237E-03*T-1.52232397E-05*T^2+2.24735444E- 08*T^3-2.00956812E-11*T^4+9.65943684E-15*T^5-1.91279224E-18*T^6; Sout=s_600; case 800 s_800=5.49393983E+00+9.19946724E-03*T-1.73413005E-05*T^2+2.60274869E- 08*T^3-2.33836633E-11*T^4+1.12439197E-14*T^5-2.22337374E-18*T^6; Sout=s_800; case 1000</pre>

```

s_1000=5.29828904E+00+9.89062665E-03*T-1.95357891E-05*T^2+2.97101674E-
08*T^3-2.67911857E-11*T^4+1.28863474E-14*T^5-2.54540721E-18*T^6;
Sout=s_1000;
case 1200
s_1200=5.12496396E+00+1.05386283E-02*T-2.15417615E-05*T^2+3.29984454E-
08*T^3-2.97697813E-11*T^4+1.42948921E-14*T^5-2.81690553E-18*T^6;
Sout=s_1200;
case 1400
s_1400=4.95639222E+00+1.12634112E-02*T-2.38324198E-05*T^2+3.68238545E-
08*T^3-3.32934456E-11*T^4+1.59865589E-14*T^5-3.14745465E-18*T^6;
Sout=s_1400;
case 1600
s_1600=4.80603376E+00+1.18945501E-02*T-2.57437022E-05*T^2+3.98917051E-
08*T^3-3.60187142E-11*T^4+1.72525383E-14*T^5-3.38755115E-18*T^6;
Sout=s_1600;
case 1800
s_1800=4.65025299E+00+1.26454744E-02*T-2.81020461E-05*T^2+4.38051560E-
08*T^3-3.96023274E-11*T^4+1.89639746E-14*T^5-3.72042149E-18*T^6;
Sout=s_1800;
case 2000
s_2000=4.50063361E+00+1.33854613E-02*T-3.04018642E-05*T^2+4.75843618E-
08*T^3-4.30324393E-11*T^4+2.05891345E-14*T^5-4.03428029E-18*T^6;
Sout=s_2000;
case 2500
s_2500=4.15035413E+00+1.51599224E-02*T-3.58045511E-05*T^2+5.62935093E-
08*T^3-5.07996257E-11*T^4+2.42112573E-14*T^5-4.72388484E-18*T^6;
Sout=s_2500;
case 3000
s_3000=3.78446492E+00+1.72281360E-02*T-4.22191904E-05*T^2+6.67997871E-
08*T^3-6.03021334E-11*T^4+2.86986331E-14*T^5-5.58793666E-18*T^6;
Sout=s_3000;
case 3500
s_3500=3.43040084E+00+1.92720993E-02*T-4.84565443E-05*T^2+7.68600694E-
08*T^3-6.92740411E-11*T^4+3.28818358E-14*T^5-6.38425196E-18*T^6;
Sout=s_3500;
case 4000
s_4000=3.08961842E+00+2.12506106E-02*T-5.43806230E-05*T^2+8.62452784E-
08*T^3-7.75063753E-11*T^4+3.66624887E-14*T^5-7.09408094E-18*T^6;
Sout=s_4000;
case 4500
s_4500=2.70719163E+00+2.36471616E-02*T-6.17421319E-05*T^2+9.81729627E-
08*T^3-8.81814741E-11*T^4+4.16546690E-14*T^5-8.04688585E-18*T^6;
Sout=s_4500;
case 5000
s_5000=2.35856151E+00+2.57583797E-02*T-6.80044771E-05*T^2+1.07997734E-
07*T^3-9.67188135E-11*T^4+4.55412235E-14*T^5-8.77075622E-18*T^6;
Sout=s_5000;
case 6000
s_6000=1.56613022E+00+3.08672564E-02*T-8.34705288E-05*T^2+1.32699694E-
07*T^3-1.18532205E-10*T^4+5.56182203E-14*T^5-1.06729477E-17*T^6;
Sout=s_6000;
case 7000
s_7000=7.16324825E-01+3.64784571E-02*T-1.00400923E-04*T^2+1.59631672E-
07*T^3-1.42217702E-10*T^4+6.65175481E-14*T^5-1.27229821E-17*T^6;
Sout=s_7000;
case 8000
s_8000=-2.18923628E-01+4.27975459E-02*T-1.19486772E-04*T^2+1.89990547E-
07*T^3-1.68903536E-10*T^4+7.87893865E-14*T^5-1.50295663E-17*T^6;

```

```

Sout=s_8000;
case 9000
s_9000=-1.17646638E+00+4.92522163E-02*T-1.38740166E-04*T^2+2.20251141E-
07*T^3-1.95208153E-10*T^4+9.07629553E-14*T^5-1.72592537E-17*T^6;
Sout=s_9000;
case 10000
s_10000=-2.26302928E+00+5.67394147E-02*T-1.61218178E-04*T^2+2.55758776E-
07*T^3-2.26204611E-10*T^4+1.04924155E-13*T^5-1.99049478E-17*T^6;
Sout=s_10000;
case 12500
s_12500=-5.27611073E+00+7.75790634E-02*T-2.23222698E-04*T^2+3.52812728E-
07*T^3-3.10191194E-10*T^4+1.42984759E-13*T^5-2.69630552E-17*T^6;
Sout=s_12500;
case 15000
s_15000=-9.30738002E+00+1.06200537E-01*T-3.09033601E-04*T^2+4.87852220E-
07*T^3-4.27531773E-10*T^4+1.96340131E-13*T^5-3.68859313E-17*T^6;
Sout=s_15000;
case 17500
s_17500=-1.42764313E+01+1.41669276E-01*T-4.14974292E-04*T^2+6.53818420E-
07*T^3-5.71080966E-10*T^4+2.61323031E-13*T^5-4.89210567E-17*T^6;
Sout=s_17500;
case 20000
s_20000=-2.04433034E+01+1.85882228E-01*T-5.46762136E-04*T^2+8.59707608E-
07*T^3-7.48639233E-10*T^4+3.41470643E-13*T^5-6.37244679E-17*T^6;
Sout=s_20000;
case 25000
s_25000=-4.04669412E+01+3.31876697E-01*T-9.85261354E-04*T^2+1.54849588E-
06*T^3-1.34511961E-09*T^4+6.11611012E-13*T^5-1.13757274E-16*T^6;
Sout=s_25000;
case 30000
s_30000=-4.43743693E+01+3.50213524E-01*T-1.01620464E-03*T^2+1.56485581E-
06*T^3-1.33523607E-09*T^4+5.97676281E-13*T^5-1.09645300E-16*T^6;
Sout=s_30000;
case 35000
s_35000=-4.74911333E+01+3.63621611E-01*T-1.03519037E-03*T^2+1.56724709E-
06*T^3-1.31747216E-09*T^4+5.82037440E-13*T^5-1.05548002E-16*T^6;
Sout=s_35000;
case 40000
s_40000=-4.70691176E+01+3.51866390E-01*T-9.81343900E-04*T^2+1.45983113E-
06*T^3-1.20855591E-09*T^4+5.26819923E-13*T^5-9.44157742E-17*T^6;
Sout=s_40000;
case 50000
s_50000=-4.39533589E+01+3.16555951E-01*T-8.51248621E-04*T^2+1.22821003E-
06*T^3-9.90330618E-10*T^4+4.21867942E-13*T^5-7.40923257E-17*T^6;
Sout=s_50000;
case 60000
s_60000=-3.09921589E+01+2.15881007E-01*T-5.43039792E-04*T^2+7.41920759E-
07*T^3-5.70415013E-10*T^4+2.32946897E-13*T^5-3.93980061E-17*T^6;
Sout=s_60000;
end
elseif val=="T"
switch P
case 10
v_10=T;
Tx=-2.62670878E+02+2.02262784E+01*v_10+8.23771411E-02*v_10^2-2.46704488E-
03*v_10^3+4.06111719E-05*v_10^4-3.47993211E-07*v_10^5+1.21329633E-09*v_10^6;
Sout=Tx;
case 50

```

```

v_50=T;
Tx=5.87197508E+04-3.95107435E+04*v_50+1.10536055E+04*v_50^2-
1.64982309E+03*v_50^3+1.38341127E+02*v_50^4-6.15192005E+00*v_50^5+1.13483892E-
01*v_50^6;
Sout=Tx;
case 100
v_100=T;
Tx=6.06176928E+04-4.14687055E+04*v_100+1.18126097E+04*v_100^2-
1.79779795E+03*v_100^3+1.53969890E+02*v_100^4-
7.00418144E+00*v_100^5+1.32336901E-01*v_100^6;
Sout=Tx;
case 200
v_200=T;
Tx=6.37294393E+04-4.42743784E+04*v_200+1.28264934E+04*v_200^2-
1.98809190E+03*v_200^3+1.73696141E+02*v_200^4-
8.07423170E+00*v_200^5+1.56102591E-01*v_200^6;
Sout=Tx;
case 300
v_300=T;
Tx=6.71861312E+04-4.70810808E+04*v_300+1.37685078E+04*v_300^2-
2.15569970E+03*v_300^3+1.90410905E+02*v_300^4-
8.95745428E+00*v_300^5+1.75401879E-01*v_300^6;
Sout=Tx;
case 400
v_400=T;
Tx=6.99084225E+04-4.92967686E+04*v_400+1.45145052E+04*v_400^2-
2.28893578E+03*v_400^3+2.03758962E+02*v_400^4-
9.66684911E+00*v_400^5+1.91011712E-01*v_400^6;
Sout=Tx;
case 500
v_500=T;
Tx=7.07921134E+04-5.01489657E+04*v_500+1.48402521E+04*v_500^2-
2.35323960E+03*v_500^3+2.10757944E+02*v_500^4-
1.00653882E+01*v_500^5+2.00307317E-01*v_500^6;
Sout=Tx;
case 600
v_600=T;
Tx=7.25704513E+04-5.16109775E+04*v_600+1.53378182E+04*v_600^2-
2.44311770E+03*v_600^3+2.19872739E+02*v_600^4-
1.05562890E+01*v_600^5+2.11266499E-01*v_600^6;
Sout=Tx;
case 800
v_800=T;
Tx=7.41580488E+04-5.30467502E+04*v_800+1.58654825E+04*v_800^2-
2.54472678E+03*v_800^3+2.30764192E+02*v_800^4-
1.11716971E+01*v_800^5+2.25593193E-01*v_800^6;
Sout=Tx;
case 1000
v_1000=T;
Tx=7.45196510E+04-5.35220832E+04*v_1000+1.60811461E+04*v_1000^2-
2.59249226E+03*v_1000^3+2.36443470E+02*v_1000^4-
1.15192381E+01*v_1000^5+2.34215752E-01*v_1000^6;
Sout=Tx;
case 1200
v_1200=T;
Tx=7.37175658E+04-5.30870650E+04*v_1200+1.60012904E+04*v_1200^2-
2.58927226E+03*v_1200^3+2.37187650E+02*v_1200^4-
1.16129660E+01*v_1200^5+2.37423365E-01*v_1200^6;

```

```

Sout=Tx;
case 1400
v_1400=T;
Tx=7.20638800E+04-5.19697805E+04*v_1400+1.56949934E+04*v_1400^2-
2.54616807E+03*v_1400^3+2.33995813E+02*v_1400^4-
1.15005173E+01*v_1400^5+2.36154337E-01*v_1400^6;
Sout=Tx;
case 1600
v_1600=T;
Tx=7.00699503E+04-5.05635635E+04*v_1600+1.52877854E+04*v_1600^2-
2.48446149E+03*v_1600^3+2.28890110E+02*v_1600^4-
1.12839413E+01*v_1600^5+2.32544880E-01*v_1600^6;
Sout=Tx;
case 1800
v_1800=T;
Tx=6.70792849E+04-4.83629235E+04*v_1800+1.46178359E+04*v_1800^2-
2.37658258E+03*v_1800^3+2.19234798E+02*v_1800^4-
1.08291255E+01*v_1800^5+2.23756964E-01*v_1800^6;
Sout=Tx;
case 2000
v_2000=T;
Tx=6.37482318E+04-4.58715887E+04*v_2000+1.38456687E+04*v_2000^2-
2.24972133E+03*v_2000^3+2.07612070E+02*v_2000^4-
1.02664091E+01*v_2000^5+2.12522115E-01*v_2000^6;
Sout=Tx;
case 2500
v_2500=T;
Tx=5.50161159E+04-3.92229237E+04*v_2500+1.17451796E+04*v_2500^2-
1.89740673E+03*v_2500^3+1.74582550E+02*v_2500^4-
8.62569349E+00*v_2500^5+1.78803195E-01*v_2500^6;
Sout=Tx;
case 3000
v_3000=T;
Tx=4.34801797E+04-3.02436166E+04*v_3000+8.84206697E+03*v_3000^2-
1.39843019E+03*v_3000^3+1.26544840E+02*v_3000^4-
6.16958629E+00*v_3000^5+1.26709574E-01*v_3000^6;
Sout=Tx;
case 3500
v_3500=T;
Tx=3.23100867E+04-2.14305609E+04*v_3500+5.95288801E+03*v_3500^2-
8.94703585E+02*v_3500^3+7.73242971E+01*v_3500^4-
3.61387630E+00*v_3500^5+7.16263704E-02*v_3500^6;
Sout=Tx;
case 4000
v_4000=T;
Tx=2.19815252E+04-1.31904614E+04*v_4000+3.22076564E+03*v_4000^2-
4.12806198E+02*v_4000^3+2.96722002E+01*v_4000^4-
1.10913464E+00*v_4000^5+1.69587593E-02*v_4000^6;
Sout=Tx;
case 4500
v_4500=T;
Tx=9.29712398E+03-2.97465294E+03*v_4500-
1.98910653E+02*v_4500^2+1.96212364E+02*v_4500^3-
3.11546359E+01*v_4500^4+2.12128553E+00*v_4500^5-5.43056481E-02*v_4500^6;
Sout=Tx;
case 5000
v_5000=T;
Tx=-2.39282754E+02+4.77563314E+03*v_5000-

```

```

2.81734915E+03*v_5000^2+6.66962551E+02*v_5000^3-
7.86224344E+01*v_5000^4+4.66659153E+00*v_5000^5-1.11001155E-01*v_5000^6;
  Sout=Tx;
  case 6000
  v_6000=T;
  Tx=-2.18765218E+04+2.25362034E+04*v_6000-
8.87789822E+03*v_6000^2+1.76750045E+03*v_6000^3-
1.90731712E+02*v_6000^4+1.07408150E+01*v_6000^5-2.47741951E-01*v_6000^6;
  Sout=Tx;
  case 7000
  v_7000=T;
  Tx=-4.11990196E+04+3.86106672E+04*v_7000-
1.44374579E+04*v_7000^2+2.79083720E+03*v_7000^3-
2.96409505E+02*v_7000^4+1.65457307E+01*v_7000^5-3.80235563E-01*v_7000^6;
  Sout=Tx;
  case 8000
  v_8000=T;
  Tx=-5.81987524E+04+5.29213265E+04*v_8000-
1.94461911E+04*v_8000^2+3.72386391E+03*v_8000^3-
3.93923789E+02*v_8000^4+2.19669954E+01*v_8000^5-5.05469918E-01*v_8000^6;
  Sout=Tx;
  case 9000
  v_9000=T;
  Tx=-7.08544671E+04+6.37121155E+04*v_9000-
2.32721171E+04*v_9000^2+4.44594736E+03*v_9000^3-
4.70389067E+02*v_9000^4+2.62742122E+01*v_9000^5-6.06277613E-01*v_9000^6;
  Sout=Tx;
  case 10000
  v_10000=T;
  Tx=-8.16824831E+04+7.30350974E+04*v_10000-
2.66102795E+04*v_10000^2+5.08224307E+03*v_10000^3-
5.38441869E+02*v_10000^4+3.01457443E+01*v_10000^5-6.97786778E-01*v_10000^6;
  Sout=Tx;
  case 12500
  v_12500=T;
  Tx=-9.65065820E+04+8.60912137E+04*v_12500-
3.13944099E+04*v_12500^2+6.01588334E+03*v_12500^3-
6.40673687E+02*v_12500^4+3.60991146E+01*v_12500^5-8.41775423E-01*v_12500^6;
  Sout=Tx;

*v_60000^5+3.90598358E-01*v_60000^6;
  Sout=Tx;
end
end
end

```

Fuente: Autores

**Anexo 11. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para volumen específico  
(sistema ingles)**

Descripción del código
<pre>function [Vout] = volumenes(val,T,P) if val=="V" switch P case 1 v_1=2.72762219E+02+6.00511930E-01*T-1.01292381E-05*T^2+1.15565587E-08*T^3- 7.31092313E-12*T^4+2.40534669E-15*T^5-3.20627024E-19*T^6; Vout=v_1; case 5 v_5=5.36871153E+01+1.24070874E-01*T-1.04101376E-05*T^2+1.19109331E-08*T^3- 7.54991206E-12*T^4+2.48746521E-15*T^5-3.31917947E-19*T^6; Vout=v_5; case 10 v_10=2.62821960E+01+6.46459304E-02*T-1.07709745E-05*T^2+1.23665628E-08*T^3- 7.85739247E-12*T^4+2.59317184E-15*T^5-3.46457931E-19*T^6; Vout=v_10; case 15 v_15=-4.35765033E+01+4.92708162E-01*T-1.25403932E-03*T^2+1.70298523E- 06*T^3-1.21289717E-09*T^4+4.34468681E-13*T^5-6.17140421E-17*T^6; Vout=v_15; case 20 v_20=-6.68740356E+01+6.12892826E-01*T-1.59896986E-03*T^2+2.15564548E- 06*T^3-1.52663956E-09*T^4+5.44416549E-13*T^5-7.70539040E-17*T^6; Vout=v_20; case 40 v_40=5.81660210E+00+1.93500110E-02*T-8.90801385E-06*T^2+9.71578364E-09*T^3- 5.91442572E-12*T^4+1.88386836E-15*T^5-2.44368466E-19*T^6; Vout=v_40; case 60 v_60=3.54077868E+00+1.42937995E-02*T-8.58558100E-06*T^2+9.22755647E-09*T^3- 5.54562258E-12*T^4+1.74708294E-15*T^5-2.24509553E-19*T^6; Vout=v_60; case 80 v_80=2.70818786E+00+9.92826880E-03*T-4.06892457E-06*T^2+3.74926995E-09*T^3- 1.97909635E-12*T^4+5.58793363E-16*T^5-6.54327892E-20*T^6; Vout=v_80; case 100 v_100=1.71441872E+00+1.02449420E-02*T-8.25604730E-06*T^2+8.69688987E- 09*T^3-5.13395866E-12*T^4+1.59239273E-15*T^5-2.01897732E-19*T^6; Vout=v_100; case 120 v_120=1.25744595E+00+9.22097833E-03*T-8.12367259E-06*T^2+8.48557456E- 09*T^3-4.97151348E-12*T^4+1.53184882E-15*T^5-1.93110802E-19*T^6; Vout=v_120; case 140 v_140=9.19080330E-01+8.55602305E-03*T-8.17892354E-06*T^2+8.50892361E- 09*T^3-4.96570529E-12*T^4+1.52457233E-15*T^5-1.91576662E-19*T^6; Vout=v_140; case 160 v_160=6.64783466E-01+8.05366899E-03*T-8.20114993E-06*T^2+8.49452713E- 09*T^3-4.93661565E-12*T^4+1.50990808E-15*T^5-1.89095993E-19*T^6; Vout=v_160; case 180 v_180=4.55845943E-01+7.72455599E-03*T-8.35608112E-06*T^2+8.64188081E-</pre>

```

09*T^3-5.01328048E-12*T^4+1.53060688E-15*T^5-1.91363893E-19*T^6;
  Vout=v_180;
  case 200
  v_200=2.86368771E-01+7.46966913E-03*T-8.49118231E-06*T^2+8.76585335E-
09*T^3-5.07512383E-12*T^4+1.54648692E-15*T^5-1.93000873E-19*T^6;
  Vout=v_200;
  case 225
  v_225=1.14566006E-01+7.22200486E-03*T-8.63293749E-06*T^2+8.88918699E-
09*T^3-5.13255951E-12*T^4+1.55992774E-15*T^5-1.94213582E-19*T^6;
  Vout=v_225;
  case 250
  v_250=-1.78942981E-02+6.98835084E-03*T-8.65408576E-06*T^2+8.87075458E-
09*T^3-5.10014286E-12*T^4+1.54411179E-15*T^5-1.91586426E-19*T^6;
  Vout=v_250;
  case 275
  v_275=-1.32441121E-01+6.82843742E-03*T-8.73654500E-06*T^2+8.92669693E-
09*T^3-5.11618210E-12*T^4+1.54445513E-15*T^5-1.91124514E-19*T^6;
  Vout=v_275;
  case 300
  v_300=-2.35496060E-01+6.73466391E-03*T-8.88907143E-06*T^2+9.06583785E-
09*T^3-5.18548577E-12*T^4+1.56230689E-15*T^5-1.92980617E-19*T^6;
  Vout=v_300;
  case 350
  v_350=-3.93632848E-01+6.55357063E-03*T-9.03363448E-06*T^2+9.15889690E-
09*T^3-5.20854402E-12*T^4+1.56089929E-15*T^5-1.91879761E-19*T^6;
  Vout=v_350;
  case 400
  v_400=-5.28806288E-01+6.49927371E-03*T-9.30721932E-06*T^2+9.40403967E-
09*T^3-5.32844572E-12*T^4+1.59119630E-15*T^5-1.94963326E-19*T^6;
  Vout=v_400;
  v_700=-1.05256169E+00+6.84062577E-03*T-1.10130019E-05*T^2+1.09552057E-
08*T^3-6.10405218E-12*T^4+1.79329449E-15*T^5-2.16404109E-19*T^6;
  Vout=v_700;
  case 800
  v_800=-1.19337754E+00+7.13810866E-03*T-1.17437784E-05*T^2+1.16501023E-
08*T^3-6.46983125E-12*T^4+1.89434697E-15*T^5-2.27857745E-19*T^6;
  Vout=v_800;
  case 1000
  v_1000=-1.44150972E+00+7.76511863E-03*T-1.31233146E-05*T^2+1.29389471E-
08*T^3-7.13643504E-12*T^4+2.07532148E-15*T^5-2.48017613E-19*T^6;
  Vout=v_1000;
  case 1250
  v_1250=-1.74017085E+00+8.69941719E-03*T-1.49977675E-05*T^2+1.46933883E-
08*T^3-8.04654740E-12*T^4+2.32341738E-15*T^5-2.75796787E-19*T^6;
  Vout=v_1250;
  case 1500
  v_1500=-4.28706938E+00+2.11383202E-02*T-4.03275795E-05*T^2+4.13290714E-
08*T^3-2.34170390E-11*T^4+6.94548376E-15*T^5-8.42562436E-19*T^6;
  Vout=v_1500;
  case 1750
  v_1750=-2.40859545E+00+1.12064819E-02*T-1.97496384E-05*T^2+1.91901730E-
08*T^3-1.04071503E-11*T^4+2.97519418E-15*T^5-3.49773372E-19*T^6;
  Vout=v_1750;
  case 2000
  v_2000=-2.81535075E+00+1.28690522E-02*T-2.28415156E-05*T^2+2.21406200E-
08*T^3-1.19689413E-11*T^4+3.41002933E-15*T^5-3.99541586E-19*T^6;
  Vout=v_2000;
  case 2500

```

```

v_2500=-3.72013806E+00+1.66464270E-02*T-2.97480501E-05*T^2+2.86834809E-
08*T^3-1.54083113E-11*T^4+4.36136649E-15*T^5-5.07761640E-19*T^6;
Vout=v_2500;
case 3000
v_3000=-4.66678403E+00+2.06020401E-02*T-3.68252837E-05*T^2+3.52842012E-
08*T^3-1.88265512E-11*T^4+5.29350541E-15*T^5-6.12381207E-19*T^6;
Vout=v_3000;
case 3500
v_3500=-3.31856115E+00+1.39031656E-02*T-2.36316079E-05*T^2+2.17473621E-
08*T^3-1.12046613E-11*T^4+3.05508066E-15*T^5-3.43943660E-19*T^6;
Vout=v_3500;
case 4000
v_4000=-3.37515770E+00+1.38860529E-02*T-2.33242878E-05*T^2+2.11948662E-
08*T^3-1.07929256E-11*T^4+2.91135951E-15*T^5-3.24557893E-19*T^6;
Vout=v_4000;
case 5000
v_5000=-2.98155278E+00+1.17762646E-02*T-1.91320292E-05*T^2+1.68658746E-
08*T^3-8.35687393E-12*T^4+2.19916659E-15*T^5-2.39724526E-19*T^6;
Vout=v_5000;
case 6000
v_6000=-2.57622510E+00+9.84654666E-03*T-1.55637314E-05*T^2+1.33933997E-
08*T^3-6.49484010E-12*T^4+1.67628485E-15*T^5-1.79540107E-19*T^6;
Vout=v_6000;
end
elseif val=="T"
switch P
case 1
v_1=T;
Tx=-4.48129954E+02+1.60908425E+00*v_1+1.77993457E-04*v_1^2-2.42122371E-
07*v_1^3+1.83396682E-10*v_1^4-7.30922357E-14*v_1^5+1.19587628E-17*v_1^6;
Vout=Tx;
case 5
v_5=T;
Tx=-4.01953639E+02+6.65046194E+00*v_5+2.22992962E-02*v_5^2-1.51801520E-
04*v_5^3+5.75370943E-07*v_5^4-1.14737493E-09*v_5^5+9.39212087E-13*v_5^6;
Vout=Tx;
case 10
v_10=T;
Tx=-3.44271581E+02+9.80853166E+00*v_10+1.78755740E-01*v_10^2-2.43633000E-
03*v_10^3+1.84865106E-05*v_10^4-7.37930618E-08*v_10^5+1.20902794E-10*v_10^6;
Vout=Tx;
case 15
v_15=T;
Tx=-2.98356333E+02+1.07342223E+01*v_15+5.49318029E-01*v_15^2-1.11333876E-
02*v_15^3+1.25791777E-04*v_15^4-7.48483777E-07*v_15^5+1.82957816E-09*v_15^6;
Vout=Tx;
case 20
v_20=T;
Tx=-2.57245150E+02+9.67262412E+00*v_20+1.20080279E+00*v_20^2-3.22042157E-
02*v_20^3+4.82032787E-04*v_20^4-3.80318870E-06*v_20^5+1.23363496E-08*v_20^6;
Vout=Tx;
case 40
v_40=T;
Tx=-1.15015982E+02-1.18612494E+01*v_40+7.74998114E+00*v_40^2-4.07433356E-
01*v_40^3+1.19909400E-02*v_40^4-1.86470770E-04*v_40^5+1.19453028E-06*v_40^6;
Vout=Tx;
case 60
v_60=T;

```

```

Tx=7.13791036E+00-5.68771442E+01*v_60+2.28496696E+01*v_60^2-
1.78007757E+00*v_60^3+7.77773695E-02*v_60^4-1.79833739E-03*v_60^5+1.71490364E-
05*v_60^6;
Vout=Tx;
case 80
v_80=T;
Tx=1.13928589E+02-1.20193564E+02*v_80+4.86338839E+01*v_80^2-
5.00411164E+00*v_80^3+2.89211912E-01*v_80^4-8.85549809E-03*v_80^5+1.11935231E-
04*v_80^6;
Vout=Tx;
case 100
v_100=T;
Tx=2.13128954E+02-2.01278374E+02*v_100+8.74507126E+01*v_100^2-
1.11720967E+01*v_100^3+8.02593039E-01*v_100^4-3.05728643E-
02*v_100^5+4.81092960E-04*v_100^6;
Vout=Tx;
case 120
v_120=T;
Tx=2.98464877E+02-2.92260163E+02*v_120+1.39149431E+02*v_120^2-
2.11838801E+01*v_120^3+1.81558476E+00*v_120^4-8.25825818E-
02*v_120^5+1.55279945E-03*v_120^6;
Vout=Tx;
case 140
v_140=T;
Tx=3.79928464E+02-3.97386250E+02*v_140+2.06589647E+02*v_140^2-
3.65018471E+01*v_140^3+3.63420921E+00*v_140^4-1.92161173E-
01*v_140^5+4.20251904E-03*v_140^6;
Vout=Tx;
case 160
v_160=T;
Tx=4.51567967E+02-5.08920027E+02*v_160+2.88321728E+02*v_160^2-
5.79072815E+01*v_160^3+6.55976161E+00*v_160^4-3.94921343E-
01*v_160^5+9.83923297E-03*v_160^6;
Vout=Tx;
case 180
v_180=T;
Tx=5.14532369E+02-6.24591493E+02*v_180+3.83958777E+02*v_180^2-
8.62755717E+01*v_180^3+1.09447572E+01*v_180^4-7.38421484E-
01*v_180^5+2.06288543E-02*v_180^6;
Vout=Tx;
case 200
v_200=T;
Tx=5.78491142E+02-7.54234125E+02*v_200+4.99283429E+02*v_200^2-
1.24181810E+02*v_200^3+1.74507031E+01*v_200^4-
1.30492253E+00*v_200^5+4.04210814E-02*v_200^6;
Vout=Tx;
case 225
v_225=T;
Tx=6.44776222E+02-9.14029939E+02*v_225+6.60734634E+02*v_225^2-
1.83799158E+02*v_225^3+2.89181277E+01*v_225^4-
2.42302268E+00*v_225^5+8.41513955E-02*v_225^6;
Vout=Tx;
case 250
v_250=T;
Tx=7.06203330E+02-1.08200278E+03*v_250+8.47840263E+02*v_250^2-
2.60709706E+02*v_250^3+4.53880826E+01*v_250^4-
4.21114675E+00*v_250^5+1.62036790E-01*v_250^6;
Vout=Tx;

```

```

case 275
v_275=T;
Tx=7.59583417E+02-1.25020922E+03*v_275+1.05594610E+03*v_275^2-
3.55282677E+02*v_275^3+6.77465002E+01*v_275^4-
6.88959621E+00*v_275^5+2.90736567E-01*v_275^6;
Vout=Tx;
case 300
v_300=T;
Tx=8.09939560E+02-1.42510155E+03*v_300+1.29007156E+03*v_300^2-
4.71338010E+02*v_300^3+9.76878063E+01*v_300^4-
1.08052595E+01*v_300^5+4.96190830E-01*v_300^6;
Vout=Tx;
case 350
v_350=T;
Tx=8.92063287E+02-1.76784271E+03*v_350+1.81502311E+03*v_350^2-
7.66179290E+02*v_350^3+1.83826858E+02*v_350^4-
2.35711777E+01*v_350^5+1.25611709E+00*v_350^6;
Vout=Tx;
case 400
v_400=T;
Tx=9.57236626E+02-2.10345805E+03*v_400+2.41364756E+03*v_400^2-
1.15337576E+03*v_400^3+3.13858922E+02*v_400^4-
4.57082317E+01*v_400^5+2.76939115E+00*v_400^6;
Vout=Tx;
case 450
v_450=T;
Tx=1.00603492E+03-2.41874050E+03*v_450+3.06590508E+03*v_450^2-
1.63166025E+03*v_450^3+4.95477548E+02*v_450^4-
8.06374939E+01*v_450^5+5.46577868E+00*v_450^6;
Vout=Tx;
case 500
v_500=T;
Tx=1.04424963E+03-2.71841530E+03*v_500+3.76938409E+03*v_500^2-
2.20676781E+03*v_500^3+7.38615010E+02*v_500^4-
1.32683917E+02*v_500^5+9.93780101E+00*v_500^6;
Vout=Tx;
case 600
v_600=T;
Tx=1.09274227E+03-3.24961921E+03*v_600+5.26922212E+03*v_600^2-
3.62487078E+03*v_600^3+1.43131423E+03*v_600^4-
3.04216259E+02*v_600^5+2.70190737E+01*v_600^6;
Vout=Tx;
case 700
v_700=T;
Tx=1.11178820E+03-3.67198146E+03*v_700+6.79822587E+03*v_700^2-
5.32886196E+03*v_700^3+2.40711789E+03*v_700^4-
5.87040133E+02*v_700^5+5.99650737E+01*v_700^6;
Vout=Tx;
case 800
v_800=T;
Tx=1.11104324E+03-3.98527493E+03*v_800+8.27058910E+03*v_800^2-
7.21222583E+03*v_800^3+3.63805547E+03*v_800^4-
9.93687915E+02*v_800^5+1.13950417E+02*v_800^6;
Vout=Tx;
case 1000
v_1000=T;
Tx=1.07617348E+03-4.31986273E+03*v_1000+1.08044993E+04*v_1000^2-
1.10131403E+04*v_1000^3+6.52721909E+03*v_1000^4-

```

```

2.10299944E+03*v_1000^5+2.85375530E+02*v_1000^6;
  Vout=Tx;
  case 1250
  v_1250=T;
  Tx=1.00133522E+03-4.25520519E+03*v_1250+1.26533744E+04*v_1250^2-
1.41378307E+04*v_1250^3+9.04660205E+03*v_1250^4-
3.07543144E+03*v_1250^5+4.25478318E+02*v_1250^6;
  Vout=Tx;
  case 1500
  v_1500=T;
  Tx=9.24112884E+02-3.84445765E+03*v_1500+1.28590925E+04*v_1500^2-
1.35199576E+04*v_1500^3+6.76493975E+03*v_1500^4-7.69751357E+02*v_1500^5-
3.50916956E+02*v_1500^6;
  Vout=Tx;
  case 1750
  v_1750=T;
  Tx=8.61178106E+02-3.29094472E+03*v_1750+1.17510739E+04*v_1750^2-
8.19079543E+03*v_1750^3-4.10130544E+03*v_1750^4+9.26193480E+03*v_1750^5-
3.84208928E+03*v_1750^6;
  Vout=Tx;
  case 2000
  v_2000=T;
  Tx=8.08426548E+02-
2.61909955E+03*v_2000+9.20468305E+03*v_2000^2+3.64913155E+03*v_2000^3-
2.93671305E+04*v_2000^4+3.46647166E+04*v_2000^5-1.36617455E+04*v_2000^6;
  Vout=Tx;
  case 2500
  v_2500=T;
  Tx=7.49264587E+02-
1.43412217E+03*v_2500+2.55619464E+03*v_2500^2+4.29678654E+04*v_2500^3-
1.31008297E+05*v_2500^4+1.57846677E+05*v_2500^5-7.11797017E+04*v_2500^6;
  Vout=Tx;
  case 3000
  v_3000=T;
  Tx=7.37164155E+02-7.45196807E+02*v_3000-
2.89332456E+05*v_3000^4+3.96078563E+05*v_3000^5-2.07621975E+05*v_3000^6;
  Vout=Tx;
  case 3500
  v_3500=T;
  5.08085264E+05*v_3500^4+7.83702232E+05*v_3500^5-4.68200218E+05*v_3500^6;
  Vout=Tx;
  case 4000
  3.18899615E+04*v_5000^2+4.48749340E+05*v_5000^3-
1.95093847E+06*v_5000^4+3.99110775E+06*v_5000^5-3.24762184E+06*v_5000^6;
  Vout=Tx;
  case 6000
  v_6000=T;
  Tx=6.93975920E+02+4.58046820E+03*v_6000-
7.31475654E+04*v_6000^2+9.26004666E+05*v_6000^3-
4.52878079E+06*v_6000^4+1.08247511E+07*v_6000^5-1.04431906E+07*v_6000^6;
  Vout=Tx;
  end
end

```

Fuente: Autores

**Anexo 12. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para energía interna  
(sistema ingles)**

Descripción del código
<pre> function [Uout] = ienergyes(val,T,P) if val=="U" switch P case 1 u_1=1.00995265E+03+3.32752316E-01*T+1.51665976E-05*T^2+2.50053013E-08*T^3- 1.17618717E-11*T^4+3.36560772E-15*T^5-4.74830977E-19*T^6; Uout=u_1; case 5 u_5=1.00659481E+03+3.49777052E-01*T-2.28226897E-05*T^2+6.98753591E-08*T^3- 4.07814492E-11*T^4+1.30579300E-14*T^5-1.78077167E-18*T^6; Uout=u_5; case 10 u_10=1.00223932E+03+3.72062847E-01*T-7.28247172E-05*T^2+1.29139672E-07*T^3- 7.91997752E-11*T^4+2.59103395E-14*T^5-3.51457044E-18*T^6; Uout=u_10; case 15 u_15=-1.10742283E+03+1.59236209E+01*T-4.32301134E-02*T^2+5.88097473E- 05*T^3-4.19035039E-08*T^4+1.50149325E-11*T^5-2.13334930E-15*T^6; Uout=u_15; case 20 u_20=9.94870735E+02+4.06315852E-01*T-1.43523430E-04*T^2+2.07258344E-07*T^3- 1.26969478E-10*T^4+4.11322044E-14*T^5-5.48583327E-18*T^6; Uout=u_20; case 40 u_40=9.81266736E+02+4.66099173E-01*T-2.60601831E-04*T^2+3.30702386E-07*T^3- 1.99422996E-10*T^4+6.34102209E-14*T^5-8.28258844E-18*T^6; Uout=u_40; case 60 u_60=9.68174778E+02+5.21663251E-01*T-3.65778438E-04*T^2+4.38183922E-07*T^3- 2.60763189E-10*T^4+8.18068237E-14*T^5-1.05415578E-17*T^6; Uout=u_60; case 80 u_80=9.53454385E+02+5.86915667E-01*T-4.94060905E-04*T^2+5.73811880E-07*T^3- 3.40585902E-10*T^4+1.06424416E-13*T^5-1.36420687E-17*T^6; Uout=u_80; case 100 u_100=9.39218074E+02+6.48096580E-01*T-6.10691469E-04*T^2+6.93624005E- 07*T^3-4.09282003E-10*T^4+1.27120029E-13*T^5-1.61947116E-17*T^6; Uout=u_100; case 120 u_120=9.23768983E+02+7.16015597E-01*T-7.42493752E-04*T^2+8.31064070E- 07*T^3-4.89114790E-10*T^4+1.51447232E-13*T^5-1.92259330E-17*T^6; Uout=u_120; case 140 u_140=9.08866076E+02+7.79682733E-01*T-8.62619475E-04*T^2+9.53075708E- 07*T^3-5.58301617E-10*T^4+1.72076759E-13*T^5-2.17465963E-17*T^6; Uout=u_140; case 160 u_160=8.93436286E+02+8.45831370E-01*T-9.87575353E-04*T^2+1.08003845E- 06*T^3-6.30300949E-10*T^4+1.93544882E-13*T^5-2.43697599E-17*T^6; Uout=u_160; case 180 u_180=8.78104299E+02+9.10675557E-01*T-1.10833776E-03*T^2+1.20106205E- 06*T^3-6.98052652E-10*T^4+2.13507743E-13*T^5-2.67826190E-17*T^6; </pre>

```

Uout=u_180;
case 200
u_200=8.60993285E+02+9.85496918E-01*T-1.25161906E-03*T^2+1.34821096E-
06*T^3-7.82250982E-10*T^4+2.38809646E-13*T^5-2.98956693E-17*T^6;
Uout=u_200;
case 225
u_225=8.40433535E+02+1.07305946E+00*T-1.41510354E-03*T^2+1.51218813E-
06*T^3-8.74067559E-10*T^4+2.65862747E-13*T^5-3.31653414E-17*T^6;
Uout=u_225;
case 250
u_250=8.18636863E+02+1.16689141E+00*T-1.59162826E-03*T^2+1.69033318E-
06*T^3-9.74344927E-10*T^4+2.95547802E-13*T^5-3.67683929E-17*T^6;
Uout=u_250;
case 275
u_275=7.98206153E+02+1.25176292E+00*T-1.74592926E-03*T^2+1.84109125E-
06*T^3-1.05667139E-09*T^4+3.19240523E-13*T^5-3.95698181E-17*T^6;
Uout=u_275;
case 300
u_300=7.73021328E+02+1.36326626E+00*T-1.96001787E-03*T^2+2.06072245E-
06*T^3-1.18202995E-09*T^4+3.56800083E-13*T^5-4.41772569E-17*T^6;
Uout=u_300;
case 350
u_350=7.24738167E+02+1.57106471E+00*T-2.34841313E-03*T^2+2.44940247E-
06*T^3-1.39891847E-09*T^4+4.20469829E-13*T^5-5.18452680E-17*T^6;
Uout=u_350;
case 400
u_400=6.73132181E+02+1.79395180E+00*T-2.76503101E-03*T^2+2.86582878E-
06*T^3-1.63091312E-09*T^4+4.88457682E-13*T^5-6.00197952E-17*T^6;
Uout=u_400;
case 450
u_450=6.23690228E+02+2.00111182E+00*T-3.14095273E-03*T^2+3.23112913E-
06*T^3-1.82910617E-09*T^4+5.45124358E-13*T^5-6.66790248E-17*T^6;
Uout=u_450;
case 500
u_500=5.71151171E+02+2.22239929E+00*T-3.54359579E-03*T^2+3.62312905E-
06*T^3-2.04212497E-09*T^4+6.06122921E-13*T^5-7.38582502E-17*T^6;
Uout=u_500;
case 600
u_600=4.47022933E+02+2.75972508E+00*T-4.54184154E-03*T^2+4.61232960E-
06*T^3-2.58819791E-09*T^4+7.64743849E-13*T^5-9.27735939E-17*T^6;
Uout=u_600;
case 700
u_700=3.09730505E+02+3.35446188E+00*T-5.64306608E-03*T^2+5.69855291E-
06*T^3-3.18488748E-09*T^4+9.37233294E-13*T^5-1.13249128E-16*T^6;
Uout=u_700;
case 800
u_800=1.65622018E+02+3.97210021E+00*T-6.77244712E-03*T^2+6.79856908E-
06*T^3-3.78188372E-09*T^4+1.10786451E-12*T^5-1.33292217E-16*T^6;
Uout=u_800;
case 1000
u_1000=-1.71601310E+02+5.42625608E+00*T-9.43446798E-03*T^2+9.38985665E-
06*T^3-5.18649810E-09*T^4+1.50875909E-12*T^5-1.80316740E-16*T^6;
Uout=u_1000;
case 1250
u_1250=-7.28862215E+02+7.86779624E+00*T-1.39413452E-02*T^2+1.38001565E-
05*T^3-7.58613774E-09*T^4+2.19566029E-12*T^5-2.61085709E-16*T^6;
Uout=u_1250;
case 1500

```

```

u_1500=-1.29720213E+03+1.02761813E+01*T-1.82408578E-02*T^2+1.78745227E-
05*T^3-9.73674382E-09*T^4+2.79403927E-12*T^5-3.29609766E-16*T^6;
Uout=u_1500;
case 1750
u_1750=-2.11230651E+03+1.38309530E+01*T-2.47267293E-02*T^2+2.41365237E-
05*T^3-1.30979294E-08*T^4+3.74373754E-12*T^5-4.39926423E-16*T^6;
Uout=u_1750;
case 2000
u_2000=-3.20658237E+03+1.86559106E+01*T-3.35853535E-02*T^2+3.27256311E-
05*T^3-1.77227088E-08*T^4+5.05370048E-12*T^5-5.92401062E-16*T^6;
Uout=u_2000;
case 2500
u_2500=-5.78370385E+03+2.98353937E+01*T-5.37551587E-02*T^2+5.19500501E-
05*T^3-2.79074128E-08*T^4+7.89507833E-12*T^5-9.18506639E-16*T^6;
Uout=u_2500;
case 3000
u_3000=-9.35914573E+03+4.52973776E+01*T-8.14884715E-02*T^2+7.82107045E-
05*T^3-4.17285400E-08*T^4+1.17266530E-11*T^5-1.35564630E-15*T^6;
Uout=u_3000;
case 3500
u_3500=-6.87464949E+03+3.23668475E+01*T-5.50259888E-02*T^2+5.04501292E-
05*T^3-2.58532488E-08*T^4+7.01101178E-12*T^5-7.85249817E-16*T^6;
Uout=u_3500;
case 4000
u_4000=-8.48482910E+03+3.84718140E+01*T-6.47417450E-02*T^2+5.86761396E-
05*T^3-2.97478750E-08*T^4+7.98727005E-12*T^5-8.86412971E-16*T^6;
Uout=u_4000;
case 5000
u_5000=-1.39727083E+04+6.03451404E+01*T-1.01195143E-01*T^2+9.09707280E-
05*T^3-4.57479608E-08*T^4+1.21858356E-11*T^5-1.34206497E-15*T^6;
Uout=u_5000;
case 6000
u_6000=-1.83689254E+04+7.70049109E+01*T-1.27665274E-01*T^2+1.13371463E-
04*T^3-5.63675506E-08*T^4+1.48565430E-11*T^5-1.62026345E-15*T^6;
Uout=u_6000;
end
elseif val=="T"
switch P
case 1
v_1=T;
Tx=1.64507591E+03-1.86532927E+01*v_1+3.94519495E-02*v_1^2-3.64417653E-
05*v_1^3+1.82501657E-08*v_1^4-4.80754366E-12*v_1^5+5.24590893E-16*v_1^6;
Uout=Tx;
case 5
v_5=T;
Tx=1.22065956E+04-6.16820798E+01*v_5+1.12237974E-01*v_5^2-1.01860700E-
04*v_5^3+5.11950788E-08*v_5^4-1.36209468E-11*v_5^5+1.50305043E-15*v_5^6;
Uout=Tx;
case 10
v_10=T;
Tx=2.53325401E+04-1.15181906E+02*v_10+2.02775514E-01*v_10^2-1.83268984E-
04*v_10^3+9.22092570E-08*v_10^4-2.45974819E-11*v_10^5+2.72213964E-15*v_10^6;
Uout=Tx;
case 15
v_15=T;
Tx=3.34474904E+04-1.47782410E+02*v_15+2.57199087E-01*v_15^2-2.31580005E-
04*v_15^3+1.16254935E-07*v_15^4-3.09592585E-11*v_15^5+3.42105610E-15*v_15^6;
Uout=Tx;

```

```

case 20
v_20=T;
Tx=3.99922419E+04-1.73882790E+02*v_20+3.00469841E-01*v_20^2-2.69738414E-
04*v_20^3+1.35128646E-07*v_20^4-3.59229543E-11*v_20^5+3.96328306E-15*v_20^6;
Uout=Tx;
case 40
v_40=x;
Tx=6.04564086E+04-2.54865184E+02*v_40+4.33757659E-01*v_40^2-3.86478844E-
04*v_40^3+1.92499049E-07*v_40^4-5.09193195E-11*v_40^5+5.59202236E-15*v_40^6;
Uout=Tx;
case 60
v_60=T;
Tx=7.66786887E+04-3.18620172E+02*v_60+5.38022242E-01*v_60^2-4.77256052E-
04*v_60^3+2.36861740E-07*v_60^4-6.24549057E-11*v_60^5+6.83873166E-15*v_60^6;
Uout=Tx;
case 80
v_80=T;
Tx=8.98544372E+04-3.70024673E+02*v_80+6.21513098E-01*v_80^2-5.49476160E-
04*v_80^3+2.71938914E-07*v_80^4-7.15227684E-11*v_80^5+7.81329944E-15*v_80^6;
Uout=Tx;
case 100
v_100=T;
Tx=1.02180733E+05-4.18116781E+02*v_100+6.99643771E-01*v_100^2-6.17088719E-
04*v_100^3+3.04797111E-07*v_100^4-8.00229193E-11*v_100^5+8.72758158E-
15*v_100^6;
Uout=Tx;
case 120
v_120=T;
Tx=1.11671510E+05-4.54680922E+02*v_120+7.58328597E-01*v_120^2-6.67280727E-
04*v_120^3+3.28913778E-07*v_120^4-8.61934073E-11*v_120^5+9.38423830E-
15*v_120^6;
Uout=Tx;
case 140
v_140=T;
Tx=1.28761382E+05-5.20439581E+02*v_140+8.63777885E-01*v_140^2-7.57417942E-
04*v_140^3+3.72210009E-07*v_140^4-9.72701366E-11*v_140^5+1.05631274E-
14*v_140^6;
Uout=Tx;
case 180
v_180=T;
Tx=1.34856810E+05-5.43425061E+02*v_180+8.99915106E-01*v_180^2-7.87711967E-
04*v_180^3+3.86484291E-07*v_180^4-1.00853292E-10*v_180^5+1.09373854E-
14*v_180^6;
Uout=Tx;
case 200
v_200=T;
Tx=1.48161937E+05-5.93840004E+02*v_225+9.79598994E-01*v_225^2-8.54897433E-
04*v_225^3+4.18337009E-07*v_225^4-1.08901234E-10*v_225^5+1.17837423E-
14*v_225^6;
Uout=Tx;
case 250
v_300=T;
Tx=1.63038932E+05-6.48876534E+02*v_300+1.06457292E+00*v_300^2-9.24907740E-
04*v_300^3+4.50779110E-07*v_300^4-1.16914350E-10*v_300^5+1.26076663E-
14*v_300^6;
Uout=Tx;
case 350
v_350=T;

```

```

Tx=1.69186012E+05-6.70669820E+02*v_350+1.09676500E+00*v_350^2-9.50227436E-
04*v_350^3+4.61949795E-07*v_350^4-1.19533066E-10*v_350^5+1.28623014E-
14*v_350^6;
Uout=Tx;
case 400
v_400=T;
Tx=1.73175472E+05-6.84005979E+02*v_400+1.11517800E+00*v_400^2-9.63603639E-
04*v_400^3+4.67312222E-07*v_400^4-1.20649272E-10*v_400^5+1.29554180E-
14*v_400^6;
Uout=Tx;
case 450
v_450=T;
Tx=1.74739403E+05-6.87740940E+02*v_450+1.11779437E+00*v_450^2-9.63154534E-
v_500=T;
Tx=-1.37592076E+04+8.57428568E+01*v_500-1.96559637E-01*v_500^2+2.21008704E-
04*v_500^3-1.30829634E-07*v_500^4+3.95016576E-11*v_500^5-4.81312171E-
15*v_500^6;
Uout=Tx;
case 600
v_600=T;
Tx=1.71987014E+05-6.70128468E+02*v_600+1.07924705E+00*v_600^2-9.22045993E-
04*v_600^3+4.42482652E-07*v_600^4-1.13126949E-10*v_600^5+1.20373760E-
14*v_600^6;
Uout=Tx;
case 700
v_700=T;
Tx=1.64683361E+05-6.37098029E+02*v_700+1.01906840E+00*v_700^2-8.64904579E-
04*v_700^3+4.12481150E-07*v_700^4-1.04838208E-10*v_700^5+1.10936781E-
14*v_700^6;
Uout=Tx;
case 800
v_800=T;
Tx=1.54277780E+05-5.92046739E+02*v_800+9.39495984E-01*v_800^2-7.91093832E-
04*v_800^3+3.74430661E-07*v_800^4-9.44796218E-11*v_800^5+9.92854751E-
15*v_800^6;
Uout=Tx;
case 1000
v_1000=T;
Tx=-8.02068049E+04+3.63671235E+02*v_4000-6.66814713E-
01*v_4000^2+6.38343870E-04*v_4000^3-3.37066344E-07*v_4000^4+9.35162833E-
11*v_4000^5-1.06845792E-14*v_4000^6;
Uout=Tx;
case 5000
v_5000=T;
Tx=-7.06458319E+04+3.16839294E+02*v_5000-5.74326974E-
01*v_5000^2+5.43990403E-04*v_5000^3-2.84347069E-07*v_5000^4+7.81446131E-
11*v_5000^5-8.85020974E-15*v_5000^6;
Uout=Tx;
case 6000
v_6000=T;
Tx=-6.03019152E+04+2.68151524E+02*v_6000-4.81212155E-
01*v_6000^2+4.51391009E-04*v_6000^3-2.33657906E-07*v_6000^4+6.36094926E-
11*v_6000^5-7.13932879E-15*v_6000^6;
Uout=Tx;
end
end

```

Fuente: Autores

**Anexo 13. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para entalpia (sistema ingles)**

Descripción del código
<pre> function [Hout] = enthalpyes(val,T,P) if val=="H" switch P case 1 h_1=1.06042724E+03+4.43876906E-01*T+1.32921843E-05*T^2+2.71438400E-08*T^3- 1.31147564E-11*T^4+3.81071659E-15*T^5-5.34162936E-19*T^6; Hout=h_1; case 5 h_5=1.05626876E+03+4.64573482E-01*T-3.24546580E-05*T^2+8.08959367E-08*T^3- 4.77669970E-11*T^4+1.53594545E-14*T^5-2.08787838E-18*T^6; Hout=h_5; case 10 h_10=1.05087446E+03+4.91689989E-01*T-9.27563816E-05*T^2+1.52023969E-07*T^3- 9.37398624E-11*T^4+3.07089982E-14*T^5-4.15569007E-18*T^6; Hout=h_10; case 15 h_15=1.04614383E+03+5.13683613E-01*T-1.38453077E-04*T^2+2.02948336E-07*T^3- 1.25142132E-10*T^4+4.07923797E-14*T^5-5.47047292E-18*T^6; Hout=h_15; case 20 h_20=1.04161409E+03+5.34122270E-01*T-1.79760356E-04*T^2+2.47876435E-07*T^3- 1.52272552E-10*T^4+4.93488026E-14*T^5-6.56903039E-18*T^6; Hout=h_20; case 40 h_40=1.02374689E+03+6.13217643E-01*T-3.36665546E-04*T^2+4.15730709E-07*T^3- 2.52197583E-10*T^4+8.04823502E-14*T^5-1.05250566E-17*T^6; Hout=h_40; case 60 h_60=1.00588882E+03+6.90845976E-01*T-4.87690219E-04*T^2+5.74373075E-07*T^3- 3.45112960E-10*T^4+1.09021712E-13*T^5-1.41066477E-17*T^6; Hout=h_60; case 80 h_80=9.87855471E+02+7.68360701E-01*T-6.36530055E-04*T^2+7.28732376E-07*T^3- 4.34464911E-10*T^4+1.36180067E-13*T^5-1.74834143E-17*T^6; Hout=h_80; case 100 h_100=9.68899500E+02+8.50598601E-01*T-7.95327828E-04*T^2+8.94079434E- 07*T^3-5.30485413E-10*T^4+1.65446314E-13*T^5-2.11313104E-17*T^6; Hout=h_100; case 120 h_120=9.50147625E+02+9.30402174E-01*T-9.46360110E-04*T^2+1.04835077E- 06*T^3-6.18503280E-10*T^4+1.91846729E-13*T^5-2.43748490E-17*T^6; Hout=h_120; case 140 h_140=9.30166416E+02+1.01681050E+00*T-1.11187511E-03*T^2+1.21910435E- 06*T^3-7.16766251E-10*T^4+2.21545433E-13*T^5-2.80486217E-17*T^6; Hout=h_140; case 160 h_160=9.10168095E+02+1.10227231E+00*T-1.27347093E-03*T^2+1.38372899E- 06*T^3-8.10399182E-10*T^4+2.49544143E-13*T^5-3.14788348E-17*T^6; Hout=h_160; case 180 h_180=-2.98375385E+02+8.38183561E+00*T-1.85649903E-02*T^2+2.22046556E- 05*T^3-1.42856871E-08*T^4+4.71714463E-12*T^5-6.27056068E-16*T^6; </pre>

```

Hout=h_180;
case 200
h_200=8.78816717E+02+1.21898298E+00*T-1.46504054E-03*T^2+1.55247402E-
06*T^3-8.92996019E-10*T^4+2.70677981E-13*T^5-3.36782363E-17*T^6;
Hout=h_200;
case 225
h_225=8.44308884E+02+1.37905092E+00*T-1.78692157E-03*T^2+1.89699745E-
06*T^3-1.09717018E-09*T^4+3.33899139E-13*T^5-4.16597834E-17*T^6;
Hout=h_225;
case 250
h_250=8.14797441E+02+1.50788855E+00*T-2.03312184E-03*T^2+2.14934062E-
06*T^3-1.24127629E-09*T^4+3.77122532E-13*T^5-4.69686609E-17*T^6;
Hout=h_250;
case 275
h_275=7.90311683E+02+1.60596403E+00*T-2.20597399E-03*T^2+2.31348725E-
06*T^3-1.32850611E-09*T^4+4.01572351E-13*T^5-4.97863443E-17*T^6;
Hout=h_275;
case 300
h_300=7.58207419E+02+1.74721163E+00*T-2.47660184E-03*T^2+2.59103854E-
06*T^3-1.48697305E-09*T^4+4.49076764E-13*T^5-5.56171493E-17*T^6;
Hout=h_300;
case 350
h_350=7.01900567E+02+1.98036303E+00*T-2.89912231E-03*T^2+3.00278757E-
06*T^3-1.71132064E-09*T^4+5.13519134E-13*T^5-6.32247339E-17*T^6;
Hout=h_350;
case 400
h_400=6.30652818E+02+2.29389360E+00*T-3.49640346E-03*T^2+3.61076627E-
06*T^3-2.05576293E-09*T^4+6.16012468E-13*T^5-7.57192589E-17*T^6;
Hout=h_400;
case 450
h_450=5.59336968E+02+2.60256208E+00*T-4.07448577E-03*T^2+4.18973728E-
06*T^3-2.37889558E-09*T^4+7.10862257E-13*T^5-8.71401730E-17*T^6;
Hout=h_450;
case 500
h_500=4.90778143E+02+2.89116333E+00*T-4.60065395E-03*T^2+4.70353617E-
06*T^3-2.65897440E-09*T^4+7.91302938E-13*T^5-9.66338046E-17*T^6;
Hout=h_500;
case 600
h_600=3.35211746E+02+3.55732085E+00*T-5.82953055E-03*T^2+5.91490838E-
06*T^3-3.32475381E-09*T^4+9.83943174E-13*T^5-1.19524985E-16*T^6;
Hout=h_600;
case 700
h_700=1.57589244E+02+4.32566902E+00*T-7.25347428E-03*T^2+7.32198933E-
06*T^3-4.09922510E-09*T^4+1.20825416E-12*T^5-1.46199488E-16*T^6;
Hout=h_700;
case 800
h_1000=-4.85616120E+02+7.11000894E+00*T-1.23819863E-02*T^2+1.23480499E-
05*T^3-6.84157878E-09*T^4+1.99578531E-12*T^5-2.39100741E-16*T^6;
Hout=h_1000;
case 1250
h_1250=-9.64322636E+02+9.02765118E+00*T-1.56536810E-02*T^2+1.53235559E-
05*T^3-8.35163299E-09*T^4+2.40012033E-12*T^5-2.83686771E-16*T^6;
Hout=h_1250;
case 1500
h_1500=-1.71867137E+03+1.22573300E+01*T-2.14876296E-02*T^2+2.09207609E-
05*T^3-1.13427744E-08*T^4+3.24247714E-12*T^5-3.81280784E-16*T^6;
Hout=h_1500;
case 1750

```

```

h_1750=-2.79604197E+03+1.69827652E+01*T-3.01632151E-02*T^2+2.93494187E-
05*T^3-1.58940813E-08*T^4+4.53568795E-12*T^5-5.32287191E-16*T^6;
Hout=h_1750;
case 2000
h_2000=-4.11773387E+03+2.27769861E+01*T-4.07612088E-02*T^2+3.95965114E-
05*T^3-2.13993911E-08*T^4+6.09218410E-12*T^5-7.13171857E-16*T^6;
Hout=h_2000;
case 2500
h_2500=-7.41364360E+03+3.70981893E+01*T-6.66597280E-02*T^2+6.43450416E-
05*T^3-3.45446540E-08*T^4+9.76870828E-12*T^5-1.13613378E-15*T^6;
Hout=h_2500;
case 3000
h_3000=-1.17819418E+04+5.59400837E+01*T-1.00400692E-01*T^2+9.62578790E-
05*T^3-5.13254607E-08*T^4+1.44172948E-11*T^5-1.66614255E-15*T^6;
Hout=h_3000;
case 3500
h_3500=-3.69740241E+04+1.71871503E+02*T-3.18950885E-01*T^2+3.12124631E-
04*T^3-1.69177915E-07*T^4+4.81590395E-11*T^5-5.62728695E-15*T^6;
Hout=h_3500;
case 4000
h_4000=-9.55276797E+03+4.23559782E+01*T-7.02949266E-02*T^2+6.31092891E-
05*T^3-3.17465169E-08*T^4+8.46700223E-12*T^5-9.34170567E-16*T^6;
Hout=h_4000;
case 5000
h_5000=-1.04544424E+04+4.39078564E+01*T-7.00210712E-02*T^2+6.06183185E-
05*T^3-2.95015681E-08*T^4+7.63462562E-12*T^5-8.19475271E-16*T^6;
Hout=h_5000;
case 6000
h_6000=-1.77437901E+04+7.28628738E+01*T-1.18159267E-01*T^2+1.03200872E-
04*T^3-5.05828009E-08*T^4+1.31656428E-11*T^5-1.41992176E-15*T^6;
Hout=h_6000;
end
elseif val=="T"
switch P
case 1
v_1=T;
Tx=-7.22952197E+02-4.74212884E+00*v_1+1.14433860E-02*v_1^2-9.37025598E-
06*v_1^3+4.11412505E-09*v_1^4-9.51332577E-13*v_1^5+9.14279441E-17*v_1^6;
Hout=Tx;
case 5
v_5=T;
Tx=3.64021729E+03-2.05980863E+01*v_5+3.53575292E-02*v_5^2-2.85214445E-
05*v_5^3+1.27006784E-08*v_5^4-2.99463180E-12*v_5^5+2.93028587E-16*v_5^6;
Hout=Tx;
case 10
v_10=T;
Tx=9.06644476E+03-4.03276653E+01*v_10+6.51294826E-02*v_10^2-5.23759787E-
05*v_10^3+2.34013463E-08*v_10^4-5.54224766E-12*v_10^5+5.44504523E-16*v_10^6;
Hout=Tx;
case 15
v_15=T;
Tx=1.25414891E+04-5.27468374E+01*v_15+8.35720126E-02*v_15^2-6.69332970E-
05*v_15^3+2.98405464E-08*v_15^4-7.05526511E-12*v_15^5+6.92022449E-16*v_15^6;
Hout=Tx;
case 20
v_20=T;
Tx=1.53814880E+04-6.28081070E+01*v_20+9.83912732E-02*v_20^2-7.85409369E-
05*v_20^3+3.49378487E-08*v_20^4-8.24478649E-12*v_20^5+8.07249519E-16*v_20^6;

```

```

Hout=Tx;
case 40
v_40=T;
Tx=2.43573604E+04-9.43089903E+01*v_40+1.44386790E-01*v_40^2-1.14277330E-
04*v_40^3+5.05122768E-08*v_40^4-1.18535044E-11*v_40^5+1.15448980E-15*v_40^6;
Hout=Tx;
case 60
v_60=T;
Tx=3.15142931E+04-1.19210662E+02*v_60+1.80461301E-01*v_60^2-1.42102761E-
04*v_60^3+6.25576370E-08*v_60^4-1.46270852E-11*v_60^5+1.41981666E-15*v_60^6;
Hout=Tx;
case 80
v_80=T;
Tx=3.73626920E+04-1.39378500E+02*v_80+2.09437333E-01*v_80^2-1.64280808E-
04*v_80^3+7.20888371E-08*v_80^4-1.68067829E-11*v_80^5+1.62698764E-15*v_80^6;
Hout=Tx;
case 100
v_100=T;
Tx=4.28009885E+04-1.58122927E+02*v_100+2.36364525E-01*v_100^2-1.84893430E-
04*v_100^3+8.09503980E-08*v_100^4-1.88344132E-11*v_100^5+1.81983530E-
15*v_100^6;
Hout=Tx;
case 120
v_120=T;
Tx=4.70322900E+04-1.72487587E+02*v_120+2.56704010E-01*v_120^2-2.00248902E-
04*v_120^3+8.74643576E-08*v_120^4-2.03058221E-11*v_120^5+1.95805227E-
15*v_120^6;
Hout=Tx;
case 140
v_140=T;
Tx=5.12025602E+04-1.86698527E+02*v_140+2.76907541E-01*v_140^2-2.15567005E-
04*v_140^3+9.39913638E-08*v_140^4-2.17869218E-11*v_140^5+2.09782861E-
15*v_140^6;
Hout=Tx;
case 160
v_160=T;
Tx=5.45890834E+04-1.98082970E+02*v_160+2.92883803E-01*v_160^2-2.27529377E-
04*v_160^3+9.90271569E-08*v_160^4-2.29163028E-11*v_160^5+2.20320501E-
15*v_160^6;
Hout=Tx;
case 180
v_180=T;
Tx=5.73108657E+04-2.07078110E+02*v_180+3.05297904E-01*v_180^2-2.36672379E-
04*v_180^3+1.02813578E-07*v_180^4-2.37517796E-11*v_180^5+2.27990702E-
15*v_180^6;
Hout=Tx;
case 200
v_200=T;
Tx=6.04199277E+04-2.17551846E+02*v_200+3.20038001E-01*v_200^2-2.47747028E-
04*v_200^3+1.07493853E-07*v_200^4-2.48059247E-11*v_200^5+2.37871548E-
15*v_200^6;
Hout=Tx;
case 225
v_225=T;
Tx=6.31451328E+04-2.26440863E+02*v_225+3.32154448E-01*v_225^2-2.56565233E-
04*v_225^3+1.11103885E-07*v_225^4-2.55935671E-11*v_225^5+2.45023251E-
15*v_225^6;
Hout=Tx;

```

```

case 250
v_250=T;
Tx=6.56907671E+04-2.34740590E+02*v_250+3.43470477E-01*v_250^2-2.64807713E-
04*v_250^3+1.14482740E-07*v_250^4-2.63320996E-11*v_250^5+2.51743999E-
15*v_250^6;
Hout=Tx;
case 275
v_275=T;
Tx=6.76767192E+04-2.41048808E+02*v_275+3.51844865E-01*v_275^2-2.70741833E-
04*v_275^3+1.16846744E-07*v_275^4-2.68336401E-11*v_275^5+2.56168195E-
15*v_275^6;
Hout=Tx;
case 300
v_300=T;
Tx=6.96171070E+04-2.47249534E+02*v_300+3.60136886E-01*v_300^2-2.76668071E-
04*v_300^3+1.19230895E-07*v_300^4-2.73451020E-11*v_300^5+2.60736355E-
15*v_300^6;
Hout=Tx;
case 350
v_350=T;
Tx=7.22392924E+04-2.55193457E+02*v_350+3.70164813E-01*v_350^2-2.83395894E-
04*v_350^3+1.21754229E-07*v_350^4-2.78454869E-11*v_350^5+2.64824245E-
15*v_350^6;
Hout=Tx;
case 400
v_400=T;
Tx=7.38848813E+04-2.59748183E+02*v_400+3.75304375E-01*v_400^2-2.86373721E-
04*v_400^3+1.22664120E-07*v_400^4-2.79767579E-11*v_400^5+2.65404541E-
15*v_400^6;
Hout=Tx;
case 450
v_450=T;
Tx=7.44853987E+04-2.60640358E+02*v_450+3.75109453E-01*v_450^2-2.85219474E-
04*v_450^3+1.21779070E-07*v_450^4-2.76935024E-11*v_450^5+2.62009053E-
15*v_450^6;
Hout=Tx;
case 500
v_500=T;
Tx=7.45289885E+04-2.59641138E+02*v_500+3.72243462E-01*v_500^2-2.82057917E-
04*v_500^3+1.20047534E-07*v_500^4-2.72203452E-11*v_500^5+2.56843057E-
15*v_500^6;
Hout=Tx;
case 600
v_600=T;
Tx=7.29603657E+04-2.51958412E+02*v_600+3.58392981E-01*v_600^2-2.69562038E-
04*v_600^3+1.13949907E-07*v_600^4-2.56756819E-11*v_600^5+2.40862313E-
15*v_600^6;
Hout=Tx;
case 700
v_700=T;
Tx=6.96283775E+04-2.38236877E+02*v_700+3.35933822E-01*v_700^2-2.50529707E-
04*v_700^3+1.05065116E-07*v_700^4-2.34983544E-11*v_700^5+2.18910035E-
15*v_700^6;
Hout=Tx;
case 800
v_800=T;
Tx=6.50057145E+04-2.20122106E+02*v_800+3.07244394E-01*v_800^2-2.26787677E-
04*v_800^3+9.41795074E-08*v_800^4-2.08682355E-11*v_800^5+1.92694405E-

```

```

15*v_800^6;
  Hout=Tx;
  case 1000
  v_1000=T;
  Tx=5.38881502E+04-1.77787604E+02*v_1000+2.41566192E-01*v_1000^2-
1.73285006E-04*v_1000^3+6.99532697E-08*v_1000^4-1.50740212E-
11*v_1000^5+1.35425419E-15*v_1000^6;
  Hout=Tx;
  case 1250
  v_1250=T;
  Tx=3.77768603E+04-1.17684279E+02*v_1250+1.49711937E-01*v_1250^2-
9.93133612E-05*v_1250^3+3.67591641E-08*v_1250^4-7.19186419E-
12*v_1250^5+5.79703636E-16*v_1250^6;
  Hout=Tx;
  case 1500
  v_1500=T;
  Tx=2.18646432E+04-5.89096641E+01*v_1500+6.05692513E-02*v_1500^2-
2.79501733E-05*v_1500^3+4.88435812E-09*v_1500^4+3.49448193E-13*v_1500^5-
1.59254371E-16*v_1500^6;
  Hout=Tx;
  case 1750
  v_1750=T;
  Tx=8.09499477E+03-8.35284909E+00*v_1750-1.57065176E-
02*v_1750^2+3.28388301E-05*v_1750^3-2.21657444E-08*v_1750^4+6.72957393E-
12*v_1750^5-7.82876138E-16*v_1750^6;
  Hout=Tx;
  case 2000
  v_2000=T;
  Tx=-4.64174749E+03+3.83012544E+01*v_2000-8.60001226E-
02*v_2000^2+8.88352266E-05*v_2000^3-4.70906930E-08*v_2000^4+1.26138458E-
11*v_2000^5-1.35884869E-15*v_2000^6;
  Hout=Tx;
  case 2500
  v_2500=T;
  Tx=-2.19571048E+04+1.01325110E+02*v_2500-1.80313028E-
01*v_2500^2+1.63498873E-04*v_2500^3-8.01499476E-08*v_2500^4+2.03856744E-
11*v_2500^5-2.11718435E-15*v_2500^6;
  Hout=Tx;
  case 3000
  v_3000=T;
  Tx=-2.72687049E+04+1.19378444E+02*v_3000-2.05156164E-
01*v_3000^2+1.81434403E-04*v_3000^3-8.73566377E-08*v_3000^4+2.19187145E-
11*v_3000^5-2.25234592E-15*v_3000^6;
  Hout=Tx;
  case 3500
  v_3500=T;
  Tx=-2.74896808E+04+1.18317553E+02*v_3500-2.00455416E-
01*v_3500^2+1.75246222E-04*v_3500^3-8.35706666E-08*v_3500^4+2.07985868E-
11*v_3500^5-2.12234186E-15*v_3500^6;
  Hout=Tx;
  case 4000
  v_4000=T;
end

```

Fuente: Autores

### Anexo 14. Código de datos tabla vapor sobrecalentado para entropía (sistema ingles)

Descripción del código
<pre> function [Sout] = entropyes(val,T,P) if val=="S" switch P case 1 s_1=1.89401312E+00+9.02960300E-04*T-6.92768427E-07*T^2+5.21952754E-10*T^3- 2.62809304E-13*T^4+7.52412086E-17*T^5-9.17124861E-21*T^6; Sout=s_1; case 5 s_5=1.71096475E+00+9.33704340E-04*T-7.63550814E-07*T^2+6.06949536E-10*T^3- 3.18324871E-13*T^4+9.39018616E-17*T^5-1.16967217E-20*T^6; Sout=s_5; case 10 s_10=1.62723697E+00+9.73898341E-04*T-8.56500431E-07*T^2+7.18892378E-10*T^3- 3.91588163E-13*T^4+1.18563919E-16*T^5-1.50380165E-20*T^6; Sout=s_10; case 15 s_15=1.57723081E+00+9.99030530E-04*T-9.07250617E-07*T^2+7.73105855E-10*T^3- 4.23534239E-13*T^4+1.28374833E-16*T^5-1.62644329E-20*T^6; Sout=s_15; case 20 s_20=1.54071368E+00+1.02064598E-03*T-9.48743478E-07*T^2+8.15287306E-10*T^3- 4.47223925E-13*T^4+1.35319827E-16*T^5-1.70944828E-20*T^6; Sout=s_20; case 40 s_40=1.44272253E+00+1.12346852E-03*T-1.15865720E-06*T^2+1.04269641E-09*T^3- 5.83379571E-13*T^4+1.77844992E-16*T^5-2.25020590E-20*T^6; Sout=s_40; case 60 s_60=1.38449135E+00+1.17259463E-03*T-1.23107586E-06*T^2+1.09479802E-09*T^3- 6.00886349E-13*T^4+1.79602685E-16*T^5-2.23146783E-20*T^6; Sout=s_60; case 80 s_80=1.32873179E+00+1.28919460E-03*T-1.47249584E-06*T^2+1.35955428E-09*T^3- 7.61149298E-13*T^4+2.30157509E-16*T^5-2.88018084E-20*T^6; Sout=s_80; case 100 s_100=1.28186624E+00+1.39299914E-03*T-1.67977157E-06*T^2+1.57966883E- 09*T^3-8.90699239E-13*T^4+2.70039742E-16*T^5-3.38123230E-20*T^6; Sout=s_100; case 120 s_120=1.24252205E+00+1.47682796E-03*T-1.83651572E-06*T^2+1.73612620E- 09*T^3-9.77634460E-13*T^4+2.95420077E-16*T^5-3.68492318E-20*T^6; Sout=s_120; case 140 s_140=1.20408647E+00+1.57346193E-03*T-2.02315794E-06*T^2+1.92829303E- 09*T^3-1.08761181E-12*T^4+3.28438805E-16*T^5-4.09058774E-20*T^6; Sout=s_140; case 160 s_160=1.16959313E+00+1.65909216E-03*T-2.18219505E-06*T^2+2.08601333E- 09*T^3-1.17474130E-12*T^4+3.53748015E-16*T^5-4.39212653E-20*T^6; Sout=s_160; case 180 s_180=1.13472116E+00+1.75677665E-03*T-2.36882862E-06*T^2+2.27614417E- 09*T^3-1.28248889E-12*T^4+3.85810515E-16*T^5-4.78291112E-20*T^6; </pre>

```

Sout=s_180;
case 200
s_200=1.09978515E+00+1.86218955E-03*T-2.57236652E-06*T^2+2.48540734E-
09*T^3-1.40204783E-12*T^4+4.21648157E-16*T^5-5.22258967E-20*T^6;
Sout=s_200;
case 225
s_225=1.05757327E+00+1.99319542E-03*T-2.82309376E-06*T^2+2.74098952E-
09*T^3-1.54690893E-12*T^4+4.64753709E-16*T^5-5.74793654E-20*T^6;
Sout=s_225;
case 250
s_250=1.01899830E+00+2.10968779E-03*T-3.03825033E-06*T^2+2.95301457E-
09*T^3-1.66332255E-12*T^4+4.98382732E-16*T^5-6.14666521E-20*T^6;
Sout=s_250;
case 275
s_275=9.77352697E-01+2.24950904E-03*T-3.30571242E-06*T^2+3.22529075E-
09*T^3-1.81740507E-12*T^4+5.44162290E-16*T^5-6.70382309E-20*T^6;
Sout=s_275;
case 300
s_300=9.36407349E-01+2.38935701E-03*T-3.57131667E-06*T^2+3.49378905E-
09*T^3-1.96835331E-12*T^4+5.88739534E-16*T^5-7.24335460E-20*T^6;
Sout=s_300;
case 350
s_350=8.59948175E-01+2.64723435E-03*T-4.04782802E-06*T^2+3.96309792E-
09*T^3-2.22583432E-12*T^4+6.63073315E-16*T^5-8.12438100E-20*T^6;
Sout=s_350;
case 400
s_400=7.79479947E-01+2.93690180E-03*T-4.59022534E-06*T^2+4.50368218E-
09*T^3-2.52568964E-12*T^4+7.50531320E-16*T^5-9.17096183E-20*T^6;
Sout=s_400;
case 450
s_450=6.95904602E-01+3.24965735E-03*T-5.17788356E-06*T^2+5.09081869E-
09*T^3-2.85200185E-12*T^4+8.45863871E-16*T^5-1.03134601E-19*T^6;
Sout=s_450;
case 500
s_500=6.12854642E-01+3.56305395E-03*T-5.76063367E-06*T^2+5.66713064E-
09*T^3-3.16921408E-12*T^4+9.37707205E-16*T^5-1.14050400E-19*T^6;
Sout=s_500;
case 600
s_600=4.02565127E-01+4.43747006E-03*T-7.45058161E-06*T^2+7.39483809E-
09*T^3-4.14829410E-12*T^4+1.22860613E-15*T^5-1.49431856E-19*T^6;
Sout=s_600;
case 700
s_700=2.65649221E-01+4.91306008E-03*T-8.24563409E-06*T^2+8.09876458E-
09*T^3-4.49390299E-12*T^4+1.31754486E-15*T^5-1.58791101E-19*T^6;
Sout=s_700;
case 800
s_800=6.73766266E-02+5.71954805E-03*T-9.73799153E-06*T^2+9.56422686E-
09*T^3-5.29440876E-12*T^4+1.54760622E-15*T^5-1.85945892E-19*T^6;
Sout=s_800;
case 1000
s_1000=-3.56946127E-01+7.46073761E-03*T-1.29262804E-05*T^2+1.26613807E-
08*T^3-6.96856712E-12*T^4+2.02400949E-15*T^5-2.41661048E-19*T^6;
Sout=s_1000;
case 1250
s_1250=-1.12986059E+00+1.08366904E-02*T-1.92765043E-05*T^2+1.89692449E-
08*T^3-1.04445428E-11*T^4+3.03008270E-15*T^5-3.61119947E-19*T^6;
Sout=s_1250;
case 1500

```

```

s_1500=-1.77174373E+00+1.34625350E-02*T-2.39151559E-05*T^2+2.33112028E-
08*T^3-1.27069946E-11*T^4+3.65140697E-15*T^5-4.31351969E-19*T^6;
Sout=s_1500;
case 1750
s_1750=-2.66616174E+00+1.72846552E-02*T-3.08510241E-05*T^2+2.99668202E-
08*T^3-1.62577395E-11*T^4+4.64879169E-15*T^5-5.46563949E-19*T^6;
Sout=s_1750;
case 2000
s_2000=-3.80232450E+00+2.22074352E-02*T-3.98267311E-05*T^2+3.86089615E-
08*T^3-2.08804651E-11*T^4+5.95015275E-15*T^5-6.97178548E-19*T^6;
Sout=s_2000;
case 2500
s_2500=-6.72331894E+00+3.48778061E-02*T-6.27983626E-05*T^2+6.05872453E-
08*T^3-3.25617763E-11*T^4+9.21831731E-15*T^5-1.07321590E-18*T^6;
Sout=s_2500;
case 3000
s_3000=-1.05053611E+01+5.11912642E-02*T-9.20746314E-05*T^2+8.83076759E-
08*T^3-4.71470393E-11*T^4+1.32600797E-14*T^5-1.53411538E-18*T^6;
Sout=s_3000;
case 3500
s_3500=-7.07818192E+00+3.38214973E-02*T-5.71716489E-05*T^2+5.21459102E-
08*T^3-2.66549672E-11*T^4+7.21524569E-15*T^5-8.06930853E-19*T^6;
Sout=s_3500;
case 4000
s_4000=-8.84064388E+00+4.06167314E-02*T-6.82215906E-05*T^2+6.17021117E-
08*T^3-3.12779173E-11*T^4+8.39993716E-15*T^5-9.32506957E-19*T^6;
Sout=s_4000;
case 5000
s_5000=-9.82035738E+00+4.28458774E-02*T-6.95787283E-05*T^2+6.09868870E-
08*T^3-3.00416569E-11*T^4+7.85952948E-15*T^5-8.51917276E-19*T^6;
Sout=s_5000;
case 6000
s_6000=-8.11442491E+00+3.40375747E-02*T-5.22827054E-05*T^2+4.36881253E-
08*T^3-2.06168768E-11*T^4+5.18800247E-15*T^5-5.42750468E-19*T^6;
Sout=s_6000;
elseif val=="T"
switch P
case 1
v_1=T;
Tx=1.70044983E+05-4.46164573E+05*v_1+4.85837184E+05*v_1^2-
2.81400065E+05*v_1^3+9.13198545E+04*v_1^4-
1.57022437E+04*v_1^5+1.11907047E+03*v_1^6;
Sout=Tx;
case 5
v_5=T;
Tx=1.46575398E+05-4.08136506E+05*v_5+4.72299843E+05*v_5^2-
2.91200273E+05*v_5^3+1.00770456E+05*v_5^4-
1.84997605E+04*v_5^5+1.40901204E+03*v_5^6;
Sout=Tx;
case 10
v_10=T;
Tx=1.60410468E+05-4.56011420E+05*v_10+5.39295105E+05*v_10^2-
3.40109673E+05*v_10^3+1.20516521E+05*v_10^4-
2.26829276E+04*v_10^5+1.77286736E+03*v_10^6;
Sout=Tx;
case 15
v_15=T;
Tx=1.66100601E+05-4.78126719E+05*v_15+5.72898382E+05*v_15^2-

```

```

3.66253862E+05*v_15^3+1.31640779E+05*v_15^4-
2.51483466E+04*v_15^5+1.99608537E+03*v_15^6;
  Sout=Tx;
  case 20
  v_20=T;
  Tx=1.71912474E+05-4.99282297E+05*v_20+6.03847459E+05*v_20^2-
3.89790451E+05*v_20^3+1.41521478E+05*v_20^4-
2.73232405E+04*v_20^5+2.19259403E+03*v_20^6;
  Sout=Tx;
  case 40
  v_40=T;
  Tx=1.83286718E+05-5.43621103E+05*v_40+6.72162703E+05*v_40^2-
4.44002642E+05*v_40^3+1.65141208E+05*v_40^4-
3.26999837E+04*v_40^5+2.69381535E+03*v_40^6;
  Sout=Tx;
  case 60
  v_60=T;
  Tx=1.89507882E+05-5.68838605E+05*v_60+7.12305354E+05*v_60^2-
4.76804397E+05*v_60^3+1.79832455E+05*v_60^4-
3.61347311E+04*v_60^5+3.02250459E+03*v_60^6;
  Sout=Tx;
  case 80
  v_80=T;
  Tx=1.89885936E+05-5.74402526E+05*v_80+7.25293230E+05*v_80^2-
4.89833627E+05*v_80^3+1.86507103E+05*v_80^4-
3.78538055E+04*v_80^5+3.19974125E+03*v_80^6;
  Tx=1.88325330E+05-5.75559998E+05*v_120+7.34955905E+05*v_120^2-
5.02413476E+05*v_120^3+1.93815266E+05*v_120^4-
3.98890769E+04*v_120^5+3.42165942E+03*v_120^6;
  Sout=Tx;
  case 140
  v_140=T;
  Tx=1.83103359E+05-5.61118383E+05*v_140+7.18808954E+05*v_140^2-
4.93197803E+05*v_140^3+1.91066378E+05*v_140^4-
3.95062449E+04*v_140^5+3.40585566E+03*v_140^6;
  Sout=Tx;
  case 160
  v_160=T;
  Tx=1.78660462E+05-5.48734786E+05*v_160+7.04842636E+05*v_160^2-
4.85145326E+05*v_160^3+1.88633093E+05*v_160^4-
3.91605194E+04*v_160^5+3.39085351E+03*v_160^6;
  Sout=Tx;
  case 180
  v_180=T;
  Tx=1.73201912E+05-5.32698528E+05*v_180+6.85491452E+05*v_180^2-
4.72914848E+05*v_180^3+1.84396142E+05*v_180^4-
3.84037264E+04*v_180^5+3.33718287E+03*v_180^6;
  Sout=Tx;
  case 200
  v_200=T;
  Tx=1.64730567E+05-5.06535900E+05*v_200+6.52020039E+05*v_200^2-
4.50226106E+05*v_200^3+1.75818426E+05*v_200^4-
3.66897599E+04*v_200^5+3.19591037E+03*v_200^6;
  Sout=Tx;
  case 225
  v_225=T;
  Tx=1.57403266E+05-4.84095308E+05*v_225+6.23601228E+05*v_225^2-
v_275=T;

```

```

Tx=1.35344502E+05-4.13679284E+05*v_275+5.30268646E+05*v_275^2-
3.65470442E+05*v_275^3+1.42824273E+05*v_275^4-
2.98801201E+04*v_275^5+2.61397604E+03*v_275^6;
Sout=Tx;
case 300
v_300=T;
Tx=1.21937148E+05-3.70031536E+05*v_300+4.71216862E+05*v_300^2-
3.22976917E+05*v_300^3+1.25681688E+05*v_300^4-
2.62037558E+04*v_300^5+2.28653249E+03*v_300^6;
Sout=Tx;
case 350
v_350=T;
Tx=9.86249929E+04-2.93514926E+05*v_350+3.66822185E+05*v_350^2-
2.47201493E+05*v_350^3+9.48391291E+04*v_350^4-
1.95284539E+04*v_350^5+1.68635691E+03*v_350^6;

Tx=2.40767052E+04-
4.27339237E+04*v_500+1.59696315E+04*v_500^2+1.40939913E+04*v_500^3-
1.43671347E+04*v_500^4+4.75914340E+03*v_500^5-5.59252660E+02*v_500^6;
Sout=Tx;
case 600
v_600=T;
Tx=-2.73131113E+04+1.33904958E+05*v_600-
2.36564360E+05*v_600^2+2.06310400E+05*v_600^3-;
v_1000=T;
Tx=-1.75967505E+05+6.59877315E+05*v_1000-
1.01082158E+06*v_1000^2+8.13267968E+05*v_1000^3-
3.63638762E+05*v_1000^4+8.60282541E+04*v_1000^5-8.42421024E+03*v_1000^6;
Sout=Tx;
case 1250
v_1250=T;
Tx=-2.30790997E+05+8.60600935E+05*v_1250-
1.31654409E+06*v_1250^2+1.06121508E+06*v_1250^3-
4.76515994E+05*v_1250^4+1.13375163E+05*v_1250^5-1.11784353E+04*v_1250^6;
Sout=Tx;
case 1500
v_1500=T;
Tx=-2.57123168E+05+9.60421490E+05*v_1500-
1.47389093E+06*v_1500^2+1.19321932E+06*v_1500^3-
5.38626627E+05*v_1500^4+1.28913109E+05*v_1500^5-1.27926834E+04*v_1500^6;
Sout=Tx;
case 1750
v_1750=T;
Tx=-2.58741612E+05+9.69838377E+05*v_1750-
1.49387371E+06*v_1750^2+1.21425612E+06*v_1750^3-
5.50475800E+05*v_1750^4+1.32348437E+05*v_1750^5-1.31965386E+04*v_1750^6;
Sout=Tx;
case 2500
v_2500=T;
Tx=-3.47061347E+04+1.11379030E+05*v_6000-
1.28753553E+05*v_6000^2+6.08821892E+04*v_6000^3-3.77292760E+03*v_6000^4-
5.58717205E+03*v_6000^5+1.28528637E+03*v_6000^6;
Sout=Tx;
end
end
end

```

Fuente: Autores

### Anexo 15. Código de datos tabla de gas ideal del aire entalpia (sistema internacional)

Descripción del código
<pre>function [Eout] = enthalpyair(val,T) switch val     case "H"         h=-5.75460659E+00+1.06678344E+00*T-2.74347613E-04*T^2+4.87269941E-07*T^3- 3.10536294E-10*T^4+9.40587127E-14*T^5-1.12120480E-17*T^6;         Eout=h;     case "T"         h=T;         Tx=-9.61807075E-02+9.84657128E-01*h+1.14916147E-04*h^2-2.68127216E- 07*h^3+1.72781451E-10*h^4-5.03793180E-14*h^5+5.64227603E-18*h^6;         Eout=Tx;     end end</pre>

Fuente: Autores

### Anexo 16. Código de datos tabla de gas ideal del aire energía interna (sistema internacional)

Descripción del código
<pre>function [Eout] = ienergyair(val,T) %UNTITLED Summary of this function goes here % Detailed explanation goes here switch val     case "U"         u=-5.75460659E+00+7.79754454E-01*T-2.74347613E-04*T^2+4.87269941E-07*T^3- 3.10536294E-10*T^4+9.40587127E-14*T^5-1.12120480E-17*T^6;         Eout=u;     case "T"         u=T;         Tx=-2.94408724E+00+1.40645293E+00*u+1.71167061E-04*u^2-7.59586327E- 07*u^3+6.97577414E-10*u^4-2.81355806E-13*u^5+4.30965509E-17*u^6;         Eout=Tx;     end end</pre>

Fuente: Autores

### Anexo 17. Código ejecución proceso de turbina.

Descripción del código
<pre>function varargout = turbinas(varargin) gui_Singleton = 1; gui_State = struct('gui_Name',      mfilename, ...                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...                   'gui_OpeningFcn', @turbinas_OpeningFcn, ...                   'gui_OutputFcn',  @turbinas_OutputFcn, ...                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...                   'gui_Callback',   []); if nargin &amp;&amp; ischar(varargin{1})     gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1}); end if nargout     [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); else</pre>

```

gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
function turbinas_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
axes(handles.axes3)
handles.imagen=imread('tur.png');
imagesc(handles.imagen)
axis off
global p;
p.Mydata=[];
RB1_Callback(hObject, eventdata, handles);
RB7_Callback(hObject, eventdata, handles);
function varargout = turbinas_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
P2=str2double(get(handles.E1, 'string'));
T1=str2double(get(handles.E2, 'string'));
V1=str2double(get(handles.E3, 'string'));
fm=str2double(get(handles.E4, 'string'));
W1=str2double(get(handles.E5, 'string'));
V1=str2double(get(handles.E6, 'string'));
Tra=str2double(get(handles.E7, 'string'));
x=str2double(get(handles.E8, 'string'));
V2=str2double(get(handles.E9, 'string'));
z1=str2double(get(handles.E10, 'string'));
z2=str2double(get(handles.E11, 'string'));
P1=str2double(get(handles.E12, 'string'));
Area=str2double(get(handles.E13, 'string'));
T2=str2double(get(handles.E14, 'string'));
EP=str2double(get(handles.E15, 'string'));
global p;
if handles.RB1.Value == 1
    M=1;
elseif handles.RB2.Value == 1
    M=2;
elseif handles.RB3.Value == 1
    M=3;
elseif handles.RB4.Value == 1
    M=4;
elseif handles.RB5.Value == 1
    M=5;
elseif handles.RB20.Value == 1
    M=6;
elseif handles.RB21.Value == 1
    M=7;
elseif handles.RB22.Value == 1
    M=8;
elseif handles.RB23.Value == 1
    M=9;
elseif handles.RB24.Value == 1
    M=10;
end
x=x/100;
if handles.RB7.Value == 1
    switch M
        case 1%POTENCIA

```

```

W=fm*Tra;
DataA1=char("Potencia");
DataA2=W;
DataA3=char("Kj/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 2%volumen especifico y propiedades
ve=volumen("V", T1, P1);
DataA1=char("V Espe");
DataA2=ve;
DataA3=char("m^3/Kg");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 3%trabajo
if handles.RB30.Value == 1
hf=TableTermo("P", "Hf", P2, "SI");
hfg=TableTermo("P", "Hfg", P2, "SI");
h2=hf+x*hfg;
else
h2=enthalpy("H", T2, P2);
end
dec=((V2^2-V1^2)/2)/1000;
dep=9.81*(z2-z1)/1000;
h1=enthalpy("H", T1, P1);
tra=-((h2-h1)+dec+dep)-EP;
DataA1=char("Trabajo");
DataA2=tra;
DataA3=char("Kj/Kg");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 4%temperatura
temp=volumen("T", Vel, P1);
DataA1=char("Temperatura");
DataA2=temp;
DataA3=char("°C");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 5%flujo masico
hf=TableTermo("P", "Hf", P2, "SI");
hfg=TableTermo("P", "Hfg", P2, "SI");
h2=hf+x*hfg;
dec=((V2^2-V1^2)/2)/1000;
dep=9.81*(z2-z1)/1000;
h1=enthalpy("H", T1, P1);
tra=-((h2-h1)+dec+dep);
fm=W1/tra;
DataA1=char("F. Masico");
DataA2=fm;
DataA3=char("Kg/s");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 6%area
ves=volumen("V", T1, P1);
area=fm*ves/V1;
DataA1=char("Area");
DataA2=area;
DataA3=char("m^2");
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
case 7%velocidad
ves=volumen("V", T1, P1);
Velx=fm*ves/Area;
DataA1=char("Velocidad");
DataA2=Velx;

```

```

        DataA3=char("m/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 8%e perdida
        if handles.RB30.Value == 1
            hf=TableTermo("P","Hf",P1,"SI");
            hfg=TableTermo("P","Hfg",P1,"SI");
            h2=hf+x*hfg;
        else
            h2=enthalpy("H",T2,P2);
        end
        h1=enthalpy("H",T1,P1);
        qx=W1+fm*((h2-h1)+(1/2000)*(V2^2-V1^2)+9.81*(z2-z1));
        DataA1=char("Energia perdida");
        DataA2=qx;
        DataA3=char("Kj/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 9%fm velocidad
        ves=volumen("V",T1,P1);
        fmx=V1*Area/ves;
        DataA1=char("FM (Velocidad)");
        DataA2=fmx;
        DataA3=char("Kg/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    case 10%cinetica
        ec=0.5*(V2^2-V1^2);
        DataA1=char("D Energia Cinetica");
        DataA2=ec;
        DataA3=char("m^2/s^2");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];
    end
else
    switch M
    case 1%POTENCIA
        W=fm*Tra;
        DataA1=char("Potencia");
        DataA2=W;
        DataA3=char("Btu/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 2%volumen especifico y propiedades
        ve=volumenes("V",T1,P1);
        DataA1=char("V Espe");
        DataA2=ve;
        DataA3=char("ft^3/lb");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 3%trabajo
        if handles.RB30.Value == 1
            hf=TableTermo("P","Hf",P1,"SE");
            hfg=TableTermo("P","Hfg",P1,"SE");
            h2=hf+x*hfg;
        else
            h2=enthalpyes("H",T2,P2);
        end
        dec=((V2^2-V1^2)/2)/1000;
        dep=32.12*(z2-z1)/1000;
        h1=enthalpyes("H",T1,P1);
        tra=-((h2-h1)+dec+dep)-EP;
        DataA1=char("Trabajo");
        DataA2=tra;
    end
end

```

```

        DataA3=char("Btu/Lb");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 4%temperatura
        temp=volumenes("T",Vel,P1);
        DataA1=char("Temperatura");
        DataA2=temp;
        DataA3=char("°F");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2} {DataA3}]];
    case 5%flujo masico
        hf=TableTermo("P","Hf",P2,"SE");
        hfg=TableTermo("P","Hfg",P2,"SE");
        h2=hf+x*hfg;
        dec=((V2^2-V1^2)/2)/1000;
        dep=32.12*(z2-z1)/1000;
        h1=enthalpyes("H",T1,P1);
        tra=-((h2-h1)+dec+dep);
        fm=W1/tra;
        DataA1=char("F. Masico");
        DataA2=fm;
        DataA3=char("Lb/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}]];
    case 6%area
        ves=volumenes("V",T1,P1);
        area=fm*ves/Vel;
        DataA1=char("Area");
        DataA2=area;
        DataA3=char("m^2");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}]];
    case 7%velocidad
        ves=volumenes("V",T1,P1);
        Velx=fm*ves/Area;
        DataA1=char("Velocidad");
        DataA2=Velx;
        DataA3=char("ft/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}]];
    case 8%e perdida
        if handles.RB30.Value == 1
            hf=TableTermo("P","Hf",P1,"SE");
            hfg=TableTermo("P","Hfg",P1,"SE");
            h2=hf+x*hfg;
        else
            h2=enthalpyes("H",T2,P2);
        end
        h1=enthalpyes("H",T1,P1);
        qx=W1+fm*((h2-h1)+(1/25.037)*(V2^2-V1^2)+32.16*(z2-z1));
        DataA1=char("Energia perdida");
        DataA2=qx;
        DataA3=char("Btu/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}]];
    case 9%fm velocidad
        ves=volumenes("V",T1,P1);
        fmx=V1*Area/ves;
        DataA1=char("FM (Velocidad)");
        DataA2=fmx;
        DataA3=char("Lb/s");
        p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}]];
    case 10%cinetica
        ec=0.5*(V2^2-V1^2);

```

```
DataA1=char("D Energia Cinetica");  
DataA2=ec;  
DataA3=char("ft^2/s^2");  
p.Mydata=[p.Mydata; [{DataA1} {DataA2}] {DataA3}];  
end  
end
```

**Fuente:** Autores