

Programa “Propiedades-Termofísicas” para gases y líquidos

“Propiedades-Termofísicas” software for liquids and gases

M. V. Avila M.* y C. A. Herrera V.
Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, ULA
Mérida 5101, Venezuela
*amanuel@ing.ula.ve

Resumen

En este trabajo se presenta el programa de computación “Propiedades-Termofísicas” para PC, elaborado en el lenguaje MS[®] Visual Basic 5.0, con el cual se pueden calcular las propiedades termofísicas de líquidos y gases de uso frecuente en problemas de transferencia de calor por convección. El programa permite elegir entre fluidos gaseosos (aire, oxígeno, nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno, helio, amoníaco y vapor de agua) y líquidos saturados (agua, aceite de motor, amoníaco, dióxido de carbono, mercurio, refrigerante R-12, dióxido de azufre, glicerina y glicol) y calcula su densidad, calor específico, viscosidad, conductividad térmica, expansividad térmica y número de Prandtl según la temperatura para líquidos, y según la temperatura y presión para gases. El programa se basa en el ajuste de polinomios de alto grado (5 o 6) a las tablas de datos experimentales. El proceso de cálculo se puede realizar en los sistemas de unidades Inglés o Internacional y los resultados visibles en pantalla pueden imprimirse o guardarse como un archivo accesible desde algún programa compatible, particularmente desde MS[®] Excel-97, para su utilización en programas de solución iterativa de problemas de convección de calor.

Palabras Claves: Propiedades, Convección, Calor

Abstract

This article presents the “Propiedades-Termofísicas” program for PC, which runs under Visual Basic 5.0. The software is intended as a Thermophysical properties calculator for liquid and gaseous fluids of common usage in convective heat transfer problems. The program allows to select gases (air, oxygen, nitrogen, carbon monoxide, carbon dioxide hydrogen, helium, ammonia and steam) and saturated liquids (water, engine oil, ammonia, carbon dioxide, mercury, R-12 refrigerant, sulfur dioxide, glycerin y glycol) and calculates density, specific heat, viscosity, thermal conductivity, thermal expansivity and Prandtl number based on temperature for liquids and temperature and pressure for gases. The program was based on the fitting of 5th or 6th degree polynomials to available experimental databases. Results can be obtained in English Engineering or SI systems of units and are presented on screen or can be printed or saved as data files intended for further use in compatible processing programs, such as MS[®] Excel, for numerical solution of convective heat transfer problems.

Key words: Properties, Convection, Heat

1 Introducción

La aplicación de correlaciones de transferencia de calor por convección exige el cálculo de propiedades termofísicas (calor específico, densidad, viscosidades dinámica y cinemática, conductividad térmica, coeficiente de expansión volumétrica y número de Prandtl), evaluados a temperaturas específicas según la situación particular del fenómeno convectivo.

Estas temperaturas de referencia dependen generalmente de la temperatura de la superficie convectiva y/o de alguna temperatura promedio del fluido, las cuales a su vez dependen de la intensidad de transferencia de calor y por tanto no siempre están predeterminadas. En otras palabras, los coeficientes de convección y las temperaturas de referencia de las propiedades termofísicas involucradas son interdependientes.

En consecuencia, los cálculos de convección natural

normalmente requieren algún tipo de proceso iterativo de ensayo y error en el cual se supone un valor para la temperatura de referencia, se evalúan las propiedades por algún proceso de interpolación a partir de tablas de datos experimentales de la sustancia involucrada, se calcula el coeficiente de convección y con éste se prueba la validez de la temperatura propuesta. Este proceso manual de interpolación de propiedades y de cálculo iterativo exige una importante inversión de tiempo y esfuerzo que limita y desalienta las posibilidades de preparación académica de estudiantes y profesionales del área.

Esta situación sugirió la realización del presente trabajo como parte esencial del proyecto de grado del Ing. Herrera (1999), en el cual se propuso elaborar un programa de computación para PC en el cual se pudieran evaluar automáticamente las propiedades termofísicas de fluidos (líquidos y gases) de uso frecuente en problemas de convección como función de la temperatura (y de la presión para gases).

Como antecedentes se menciona por supuesto la disponibilidad de tablas de propiedades termofísicas en textos de pregrado y especializados de Transferencia de Calor - Hollman (1998), Mills (1994), McAdams (1954), Rohsenow (1973), Eckert (1959), entre otros- y en Internet - Tadríst H. (1998)-. Igualmente se debe mencionar que algunos textos como el de Hollman incluyen disquetes con programas ilustrativos de problemas específicos en los que se intuye la existencia de alguna forma de cálculo automatizado de las propiedades de los fluidos, pero su aplicación no se puede ampliar a otro tipo de problema. También se debe mencionar la existencia del producto comercial "Prode Thermophysical Properties Generator" (1998) cuyo costo es de \$295.

2 Alcance

El programa de cálculo de propiedades propuesto tiene características "amigables" y por ello se diseñó en la plataforma Visual Basic 5.0, en el cual el usuario puede elegir entre fluidos gaseosos (aire, oxígeno, nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno, helio, amoníaco

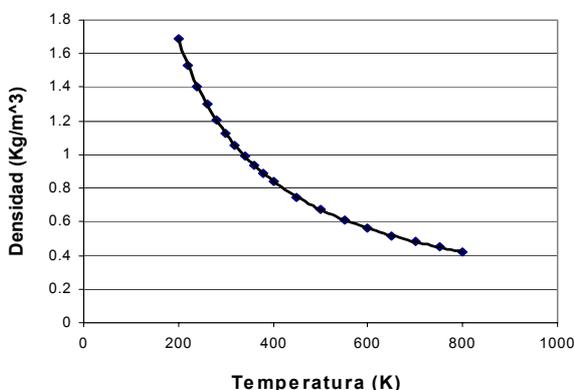


Fig. 1. Ajuste de Densidad del CO. KPa.

y vapor de agua) y líquidos (agua, aceite de motor, amoníaco, dióxido de carbono glicerina, glicol, mercurio, freón-12 y dióxido de azufre), con posibilidad de agregar nuevas sustancias según se disponga de sus datos experimentales. Las propiedades termofísicas mencionadas en la sección anterior deben calcularse para cada valor específico de la temperatura de referencia del fluido (y de su presión en caso de fluidos gaseosos).

Como característica complementaria, el programa evita las inexactitudes del proceso manual de interpolación lineal, utilizando un ajuste de los datos experimentales a polinomios de alto grado (5 ó 6) que garantizan un elevado índice de correlación en cada una de las propiedades de cada fluido.

Para fines didácticos el programa se presenta como proyecto fuente MS® VisualBasic 5.0 o como archivo ejecutable que pueda usarse independientemente como generador de propiedades de un fluido a una temperatura de referencia dada. En el proyecto fuente los usuarios especializados pueden realizar modificaciones (por ejemplo cambiar los polinomios de ajuste utilizados) o utilizar el programa de evaluación de propiedades como subrutina de otros programas de aplicación.

3 Programa de Cálculo de Propiedades Termofísicas

3.1 Fuente de datos experimentales.

Dada la disponibilidad inmediata en Internet y presumiblemente su actualización, se tomaron como punto de partida las tablas de propiedades termofísicas de los gases y líquidos especificados por Tadríst H. (1998) para una presión de 101.3 kPa.

3.2 Ajuste de ecuaciones

Las tablas obtenidas en la red fueron transformadas al formato Excel 7.0, y dentro de éste programa se ensayaron diferentes tipos de ajuste a polinomios hasta obtener una curva de ajuste de alto coeficiente de correlación. Al lograrse un ajuste satisfactorio, se definen los coeficientes del polinomio que han de emplearse en el programa Visual Basic para la evaluación de propiedades.

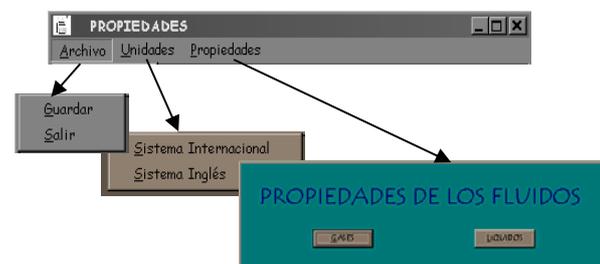


Fig. 2. Pantalla principal del programa.

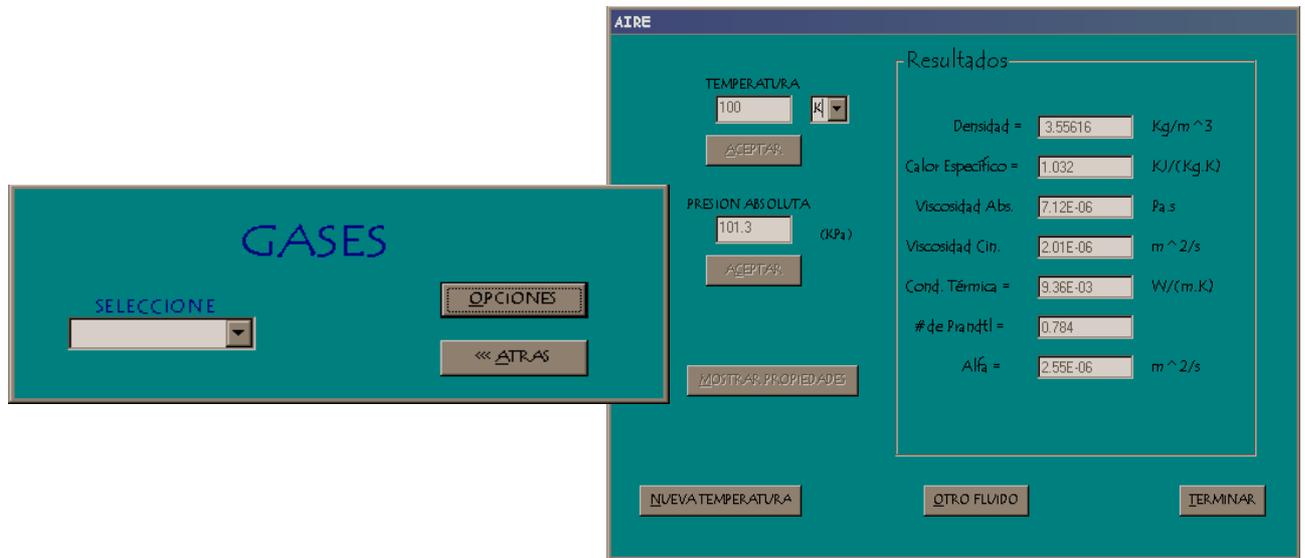


Fig.3. Selección del fluido específico y cálculo de las propiedades termofísicas.

La siguiente ecuación es un ejemplo del polinomio ajustado para la densidad del monóxido de carbono a 101.3 kPa, el cual presenta un coeficiente de correlación $R^2 = 0.9997$

$$\rho = 1.1256E-16 \cdot T^6 - 3.8411E-13 \cdot T^5 + 5.4383E-10 \cdot T^4 - 4.1292E-7 \cdot T^3 + 1.8106E-4 \cdot T^2 - 4.5724E-2 \cdot T + 6.1390 \quad (1)$$

En todos los casos se lograron ajustes con coeficientes de correlación superior a 0.98 y en la Fig. 1 se ilustra este tipo de ajuste para la densidad del monóxido de carbono.

Para los fluidos gaseosos la densidad y la viscosidad cinemática dependen notoriamente de la presión y por tanto sus valores deben corregirse por la relación $P(\text{kPa})/101.3$, multiplicando en el caso de la densidad y dividiendo en el caso de la viscosidad cinemática.

Para los líquidos fue necesario completar las tablas de referencia con el coeficiente de expansión aproximado por la relación expresada en la ecuación (2) utilizando los datos de densidad en función de la temperatura.

$$\beta = (-1/\rho)(\Delta\rho/\Delta T) \quad (2)$$

3.3 Organización del programa en MS® Visual Basic 5.0

El programa VB de "propiedades" fue diseñado de manera que su apariencia y uso sea similar a otros del sistema "Windows", con elementos de uso generalizado como menús desplegables, botones de opción, y ventanas de in-

troducción de datos numéricos y de presentación de resultados.

Al ejecutarse "propiedades" aparece la pantalla principal (ver Fig. 2) con su barra de menú de tres categorías: Archivo, Unidades y Propiedades (cálculo de propiedades).

- **Archivo.** En la Fig. 2 aparece la pantalla principal con el menú Archivo desplegado y sus dos opciones: Guardar y Salir.
- Al presionar la opción Guardar se puede conformar (nombre y ubicación) un archivo nuevo con los resultados del programa que luego puede revisarse ó imprimirse desde Excel, para lo cual aparece la ventana de identificación correspondiente. Si el archivo ya existe, los resultados de la ejecución del programa pueden reemplazar a los existentes en dicho archivo (sobreescribirse) o pueden agregarse a continuación, utilizando los botones correspondientes en las ventanas sucesivas que aparecen para estos fines. La opción Salir finaliza la ejecución del programa.
- **Unidades.** El menú Unidades permite la selección del sistema de unidades deseado por el usuario, según se muestra en la Fig. 2.
- **Propiedades** (Cálculo de propiedades). Al activar éste menú se inicia el proceso de introducción de datos y cálculo de propiedades apareciendo sucesivamente las ventanas de selección del tipo de fluido (gases ó líquidos) (ver Fig. 2) y de selección de la sustancia específica (ver Fig. 3), la cual al ser señalada hace aparecer la ventana de cálculo de propiedades donde se introducen los datos de temperatura y presión y se selec-

ciona el cálculo de propiedades, las cuales aparecen en la tabla adyacente.

En la ventana de selección de sustancia específica (Fig. 3) también aparece el botón “opciones” que al oprimirse permite *Agregar*, *Modificar* ó *Eliminar* alguna sustancia. Para agregar una nueva tabla aparecen las ventanas de título y de inserción de registros (Fig. 4) mediante las cuales se conforma la tabla correspondiente. Cuando termine la inserción de registros se oprime cancelar. Si se dispone de una tabla ya conformada en Excel puede agregarse usando el programa Access abriendo desde allí los archivos gases.mdb ó líquidos.mdb e *importando* la nueva tabla. Al oprimir “ELIMINAR” (ver Fig. 4) aparece una ventana donde debe escribirse el nombre de la sustancia y confirmar (activar) “ELIMINAR”, así quedará eliminado dicho fluido.



Fig. 4. Ventanas para agregar tablas.

Al oprimir el botón Modificar: (ver Fig. 4) aparece la ventana de verificación de la sustancia (Fig. 5) donde se debe escribir el nombre del fluido que se debe modificar, oprimiendo luego su botón de confirmación (Modificar). Con esto aparece la tabla de registros de la sustancia en cuestión, en donde basta ubicar el cursor en la(s) casilla(s) que requiere(n) correcciones y escribir los nuevos valores. Al terminar de corregir, agregar ó eliminar cada registro se debe presionar actualizar y luego cerrar.

4 Disponibilidad

El programa fuente de que trata el presente trabajo se puede obtener gratuitamente y en formato comprimido, bajo el nombre “Instalar_propiedades.zip” de la sección de programas de la pagina Web del autor en el grupo de inves-

tigación de Ciencias Térmicas Computacionales de la Facultad de Ingeniería de la ULA cuya dirección es: <http://www.ing.ula.ve/~amanuel/page4.html>. Para su adecuado funcionamiento, el programa debe descomprimirse, abrirse y operarse desde el ambiente Visual Basic 5.0; una vez allí puede crearse un archivo directamente ejecutable.

4 Conclusiones

El presente programa, en su primera versión es una herramienta eficiente y precisa para obtener propiedades termofísicas necesarias en la solución iterativa de problemas de convección de calor. El programa representa un adelanto respecto a los procedimientos manuales de interpolación lineal ya que emplea ecuaciones de aproximación



Fig. 5. Modificación de tablas.

que toman en cuenta todos los puntos conocidos mediante el ajuste de una tendencia polinómica de alto grado y de correlación elevada y conocida que arroja resultados confiables.

El programa de cálculo de propiedades también se ha probado exitosamente en asociación con otros programas (cálculo de intercambiadores de calor) y paquetes (Excel), trabajándolo como subrutina de estos.

Como objetivo de futuros proyectos, la experiencia obtenida en éste trabajo permite recomendar, tanto a los estudiantes de transferencia de calor como a los tesis de Ingeniería Mecánica la realización de proyectos similares para perfeccionar este programa con nuevos fluidos o mejores características de ejecución o presentación. También puede extenderse su aplicación a programas de diseño térmico de intercambiadores de calor (tubos concéntricos, carcasa y tubos, de placas, etc.) y en general, a todo tipo de

problemas transferencia de calor (convección natural, condensación y ebullición).

Referencias

- Eckert, E. R. G y. Drake R. M, 1959, *Heat and Mass Transfer*, 2ª. Ed., McGraw-Hill, N. Y.
- Herrera, C.A., 1999, *Programa para aplicación de tablas de propiedades de gases y líquidos al cálculo de intercambiadores de calor de flujo cruzado*, Proyecto de Grado, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Hollman, J. P., 1998, *Transferencia de Calor*, 8ª. Ed., McGraw-Hill, Madrid.
- McAdams, L. H., 1954, *Heat Transmission*, McGraw-Hill, N. Y..
- Mills, A. F 1997, *Transferencia de Calor*, McGraw-Hill/Irwin, Bogotá.
- Prode 1998, *Thermophysical Properties Generator*, <http://www.prode.com/prode/ppp.html>, Milán.
- Rohsenow, W. M y Harnett, J. (editores) 1973, *Handbook of Heat Transfer*, McGraw-Hill, N. Y.
- Tadrist, H 1998, *Thermal Tools*, L'Institute Universitaire des Systemes Thermiques Industrielles (IUSTI), Marseille. <http://iusti.univ-mrs.fr/THERMAL-TOOLS/>