



**XXII Congreso Chileno de
Mecánica Computacional**
3 y 4 de octubre de 2024
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional

MODELO TÉRMICO DE CALENTAMIENTO RADIATIVO EN MEDIO POROSO VEGETAL CILINDRICO

Javier Gallardo^{1*}, Pedro Reszka² y Rodrigo Demarco¹

¹ Departamento de Industrias– Universidad Técnica Federico Santa María
Av. España 1680– Valparaíso – CHILE
*e-mail : javier.gallardog@sansano.usm.cl

² Facultad de Ingeniería y Ciencias - Universidad Adolfo Ibáñez
Diagonal Las Torres 2640 – Santiago – CHILE

RESUMEN

Los incendios forestales son un problema recurrente y potencialmente mortal para las comunidades cercanas. La precisión en determinar los tiempos de ignición es crucial para la seguridad contra incendios, sin embargo, los modelos actuales[1] no son lo suficientemente detallados. El objetivo de este estudio es generar una base sólida para futuros estudios de predicción de tiempos de ignición que consideren la distribución de temperatura del combustible, mejorando así la precisión en la predicción del tiempo de ignición de combustibles forestales.

Se ha desarrollado un modelo térmico numérico del calentamiento de un medio compuesto por agujas de *Pinus Radiata*, configurado como un medio poroso en disposición cilíndrica y calentado mediante un calentador eléctrico. El proceso de calentamiento es puramente radiativo, considerando la penetración de la radiación en el medio. Además, se incorpora la conducción térmica dentro del medio, así como pérdidas radiativas y convectivas. Las propiedades térmicas del medio, inicialmente inciertas, se han determinado mediante un modelo secundario desarrollado en paralelo. Los resultados de ambos modelos han sido comparados con datos experimentales obtenidos del aparato *I-FIT*[2], que replica las condiciones descritas. Este enfoque permite obtener precisamente la distribución de temperatura y el comportamiento térmico del medio poroso bajo condiciones radiativas controladas.

Agradecimientos

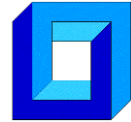
Esta investigación fue financiada parcialmente por ANID SCIA/ANILLO ACT210052 y DPP-UTFSM a través de la iniciativa PIIC n° 052/2023.

REFERENCIAS

- [1] P. Reszka *et al.*, “Ignition delay times of live and Dead *Pinus radiata* needles,” *Fire Safety Journal*, vol. 112, p. 102948, Mar. 2020. doi:10.1016/j.firesaf.2020.102948
- [2] N. Hernández, A. Fuentes, J. L. Consalvi, and J. C. Elicer-Cortés, “Spontaneous ignition of wildland fuel by idealized firebrands,” *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 95, pp. 88–95, Jul. 2018. doi:10.1016/j.expthermflusci.2018.01.037



**XXII Congreso Chileno de
Mecánica Computacional**
3 y 4 de octubre de 2024
Quilpué, Chile



**Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional**

PREDICCIÓN 3D DE CAMBIO DE FASE DE ALEACIÓN TERNARIA AL-CU-SI CON MVF Y SIMPLERnP

Luciano I. Poblete¹, Juan I. Jaime¹ y Nelson O. Moraga¹

¹Departamento de Ingeniería Mecánica – Universidad de La Serena
Benavente 980 – La Serena – CHILE
e-mail: luciano.poblete@userena.cl, juan.jaime@userena.cl, nmoraga@userena.cl

RESUMEN

Este trabajo investiga la precisión, robustez y rapidez del algoritmo SIMPLERnP [1], en la descripción del cambio de fase líquido-sólido 3D de la aleación Al-6%Cu-1%Si para tres números de Rayleigh: 10^4 , 10^5 y 10^6 . La mecánica de fluidos, transferencia de calor y cambio de fase se discretizan con el Método de Volúmenes Finitos (MVF), y se resuelven con el algoritmo secuencial SIMPLERnP y esquemas de alto orden para la integración temporal: BDF2, BF2opt y BDF3. El esquema numérico se valida con estudios de la literatura científica, obteniendo diferencias despreciables en las variables primitivas. Los resultados permiten analizar aspectos clave que determinan el tiempo de cálculo de SIMPLERnP-3D: el número de ciclos internos para la corrección de presiones (nP), la sub-relajación sucesiva (α_ϕ), el aumento del número de Rayleigh, y la integración temporal. Los resultados indican que el aumento de nP y el uso de esquemas temporales de alto orden permiten emplear valores de α_ϕ cercanos a 1, reduciendo considerablemente el tiempo de cálculo y logrando alcanzar la convergencia independiente del valor del número de Rayleigh. Finalmente, se concluye que SIMPLERnP brinda ventajas significativas en la predicción de problemas 3D de cambio de fase acoplados donde predomina la convección de calor.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la Universidad de La Serena en el proyecto DIDULS PR24538514. J. Jaime y L. Poblete agradecen el apoyo de ANID en sus becas de doctorado.

REFERENCIAS

[1] N. Moraga, J. Jaime, R. Cabrales, “An approach to accelerate the convergence of SIMPLER algorithm for convection-diffusion problems of fluid flow with heat transfer and phase change,” *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 129 (2021) 105715.



**XXII Congreso Chileno de
Mecánica Computacional**
3 y 4 de octubre de 2024
Quilpué, Chile



**Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional**

PREDICCIÓN CON MVF DE CONGELACIÓN DE ALIMENTOS SÓLIDOS EN AIRE CON TRES MODELOS RANS DE TURBULENCIA

Thomas Allendes¹ y Nelson Moraga¹

¹Departamento de Ingeniería Mecánica – Universidad de La Serena
Benavente 980 – La Serena – CHILE
e-mail : tallendes@userena.cl, nmoraga@userena.cl

RESUMEN

Este trabajo predice la congelación de carne de vacuno y salmón por convección mixta turbulenta de aire en freezers, cámaras y túneles de congelación. El modelo matemático: ecuaciones de continuidad, Navier-Stokes y energía, con tres modelos RANS alternativos de viscosidad turbulenta: SST k-w [1], k-w y k-e HH [2], se resuelve con un algoritmo de predicción-corrección tipo SIMPLER. La congelación del agua se modela con el método de viscosidad variable – calor específico aparente, que dependen de la fracción líquida de cambio de fase, variable con la temperatura. La discretización espacial y temporal emplea el método de volúmenes finitos y esquemas BDF de orden 1 y 2, mientras que los términos convectivos y difusivos se calculan con precisión de segundo orden. Los resultados describen la evolución temporal de la velocidad y temperatura, números de Nusselt local y promedio, curvas de congelación de los alimentos y se efectúa una comparación de precisión y tiempos de CPU con los tres modelos RANS empleados. La comparación con resultados de la literatura permite concluir que la predicción de la congelación en un freezer con $Ra = 6.8 \times 10^7$ se debe efectuar empleando el modelo k-e HH, mientras que en cámaras y túneles de congelación con Re hasta 10^4 es necesario usar SST k-w.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido de la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad de La Serena en el proyecto DIDULS PR 24538514.

REFERENCIAS

- [1] F. Menter, M. Kuntz, R. Langtry, “Ten years of industrial experience with the SST turbulence model,” Proceedings of 4th Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer, pp. 625-632, 2003.
- [2] R. Henkes, F. van der Flugt, C. Hoogendoorn, “Natural convective flow in a square cavity calculated with low-Reynolds-number turbulence models,” International Journal of Heat Mass Transfer, vol 34, pp. 1543-1557, 1991.



**XXII Congreso Chileno de
Mecánica Computacional**
3 y 4 de octubre de 2024
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional

ACOPLAMIENTO TÉRMICO ENTRE SÓLIDOS Y FLUIDOS EN CAMBIO DE FASE CON ELEMENTOS FINITOS ADAPTATIVOS

Thomas Allendes^{1,2}, Nelson Moraga¹ y Roberto Cabrales²

¹Departamento de Ingeniería Mecánica – Universidad de La Serena
Benavente 980 – La Serena – CHILE
e-mail : tallendes@userena.cl, nmoraga@userena.cl

²Departamento de Matemáticas - Universidad de Tarapacá
Av. 18 de Septiembre 2222– Arica – CHILE
e-mail : rcabrales@academicos.uta.cl

RESUMEN

La fusión y solidificación de glaciares, el moldeo de metales y aleaciones, y la congelación de alimentos tienen cambios de fase sólido-líquido. Este trabajo analiza la relevancia del mallado adaptativo en la predicción de problemas de solidificación convectiva, y de implementar estrategias apropiadas para el acoplamiento térmico entre fluidos y sólidos [1]. La modelación considera las ecuaciones de continuidad, Navier-Stokes y energía, con la formulación de entalpía-porosidad para el cambio de fase. La variación de las propiedades en la zona pastosa se modela según una función regularizadora tangente hiperbólica [2]. El sistema de ecuaciones discreto se obtiene mediante el método de elementos finitos y esquemas BDF de orden 1, 2 y 3, y se resuelve con el método de Newton. Los resultados describen la evolución temporal de la velocidad \mathbf{v} , temperatura \mathbf{T} , frente móvil de cambio de fase, y del número local de Nusselt, evaluando el efecto de la malla adaptativa en la precisión y los tiempos de cálculo. Se concluye que el uso de malla adaptativa proporciona una mayor precisión en las zonas con altos gradientes y reduce el tiempo de cálculo, aumentando la longitud de los elementos finitos en las regiones con bajos gradientes de velocidad y temperatura.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, ANID, en el proyecto FONDECYT 1230969.

REFERENCIAS

- [1] J. Principe, R. Codina, “A numerical approximation of the thermal coupling of fluids and solids”, *International Journal of Numerical Methods in Fluids*, vol 59, pp. 1181-1201, mayo 2008.
- [2] I. Danaila, R. Moglan, F. Hecht, S. Le Masson, “A Newton method with adaptive finite elements for solving phase-change problems with natural convection,” *Journal of Computational Physical*, vol 274, pp. 826-840, octubre 2014.



**XXII Congreso Chileno de
Mecánica Computacional**
3 y 4 de octubre de 2024
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional

ESTABILIZACIÓN NUMÉRICA DE ALGORITMOS P-v-T CON LA EXTENSIÓN POROSA DE DARCY-BRINKMAN-FORCHHEIMER PARA FUSIÓN DE MATERIALES DE CAMBIO DE FASE

Juan I. Jaime¹, Nelson O. Moraga¹

¹Departamento de Ingeniería Mecánica - Universidad de La Serena
Benavente 980 – La Serena – CHILE
e-mail: juan.jaime@userena.cl ; nmoraga@userena.cl

RESUMEN

Este trabajo evalúa la precisión y tiempo de cálculo para la solución de problemas térmicos transientes con fusión de materiales de cambio de fase (PCMs) en medios porosos, utilizando algoritmos secuenciales con el método de volúmenes finitos. El problema investigado corresponde a la fusión convectiva bidimensional de dos PCMs (octadecano y NaNO_3) en una esponja de aluminio, con números de Rayleigh $Ra = 10^4$, 10^5 y 10^6 . La formulación porosa empleada utiliza la extensión de Darcy-Brinkman-Forchheimer (DBF), que considera la permeabilidad de Darcy, la difusión viscosa de Brinkman y la no linealidad inercial de Forchheimer, proporcionando una representación precisa del flujo en medios porosos. Los algoritmos de acoplamiento P-v-T evaluados son SIMPLER y SIMPLERnP [1]. La precisión de los cálculos de la velocidad y temperatura se validan con resultados experimentales y numéricos de la literatura. La eficiencia de cada algoritmo se analiza en función de los factores de sub-relajación de la velocidad sobre el número de iteraciones y el tiempo de cálculo, manteniendo una precisión de 10^{-6} para todas las variables. Los resultados muestran que el modelo DBF mejora la descripción de la mecánica de fluidos y transferencia de calor durante la fusión convectiva de los dos PCMs, estabiliza la solución numérica y reduce el tiempo de CPU requerido para resolver cada problema.

Agradecimientos

Los autores agradecen a DIDULS de ULS por el apoyo en el proyecto PR24538514. Juan I. Jaime agradece a la Beca de Doctorado ANID 21230851, año académico 2024.

REFERENCIAS

[1] N.O. Moraga, J.I. Jaime, and R.C. Cabrales: “An approach to accelerate the convergence of SIMPLER algorithm for convection-diffusion problems of fluid flow with heat transfer and phase change,” International Communication in Heat Mass Transfer, vol 129, 105715, 2021.



**XXII Congreso Chileno de
Mecánica Computacional**
3 y 4 de octubre de 2024
Quilpué, Chile



Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional

“Simulación numérica CFD para el proceso de transferencia de energía y momentum en un intercambiador de calor de tubos y carcasa aplicado a fluidos alimenticios”

Nicolás Díaz T.¹, Andrés Díaz A.², Wladimir Silva V.¹

1 Departamento de Biotecnología, Probicom – Universidad Tecnológica Metropolitana, Las Palmeras 3360
– Ñuñoa – CHILE

e-mail : ndiazt@utem.cl, w.silvav@utem.cl

2 Escuela de Ingeniería Industrial, Laboratorio de Termo-Fluidos UDP – Universidad Diego Portales, Av.
Vergara 432 – Santiago – CHILE

e-mail : andres.diaz@udp.cl

RESUMEN

Los intercambiadores de calor en diversas industrias son de gran importancia, ya que estos equipos permiten realizar transferencia de energía térmica entre dos fluidos con la finalidad de enfriar o calentar uno de ellos. Una de las herramientas utilizadas en la actualidad para optimizar diversos procesos industriales en estos equipos es la dinámica de fluidos computacional (CFD), la cual emplea el uso asociado entre hardware y software de cálculo con técnicas numéricas para resolver problemas físicos que involucren el movimiento de los fluidos y sus interacciones energéticas. En ese sentido, el presente trabajo de investigación consistió en recrear virtualmente un intercambiador de calor de tubo y carcasa Armfield HT33 mediante el software de ingeniería ANSYS, evaluando sus perfiles de velocidad y temperatura tanto para un fluido Newtoniano y no Newtoniano. Como resultados, se obtuvo que las diferencias de temperatura para el fluido Newtoniano en las respectivas salidas del intercambiador de calor presentaron un error porcentual inferior al 1% para las corridas experimentales desarrolladas con respecto a las pruebas experimentales. Sin embargo, evidenciaron diferencias entre un 15 – 20% en el valor de Coeficiente Global de Transferencia de Calor (U). Por último, se evidenció una correspondencia entre los valores de Coeficiente de Transferencia de Calor Convectivo Local (h_i) a través de una tubería para un sistema en co-corriente obtenido por Ansys Fluent y por la correlación propuesta por Edwards et al. (1979), con valores entre 1800 – 8000 W m⁻² K⁻¹.

REFERENCIAS

[1] Edwards, D. K., et al. (1979). Fluid Mechanics and Heat Transfer in Heat Exchangers. Academic Press.