



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



Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional

Implementación de análisis global-local con acoplamiento 2D – 3D para modelación de delaminación de ensayo DCB

Ricardo Hernández¹ y Jorge Hinojosa²

¹ Magister en Ciencias de la Ingeniería, Mención Ingeniería Mecánica - Universidad de Talca – Curicó – CHILE e-mail: rhernandez17@alumnos.otalca.cl

² Departamento de Tecnologías industriales - Universidad de Talca – Curicó – CHILE
e-mail: jhinojosa@otalca.cl

RESUMEN

Las simulaciones de falla por delaminación requieren una considerable cantidad de recursos computacionales que, en la mayoría de casos, no son aprovechados en el fenómeno particular de estudio, sino en zonas del modelo que pueden ser fácilmente reemplazadas sin que influyan significativamente en el cálculo. En este trabajo se estudia la implementación de una metodología global-local [1] no intrusiva para modelar una probeta de ensayo DCB para propagar el punto de grieta de la zona cohesiva de la misma. En el modelo global de placa (modelo 2D) se simula el pandeo de la pared, mientras que en el modelo local (modelo detallado 3D) se simula una zona sección de la probeta donde se produce delaminación. Finalmente, se compara la implementación global-local no intrusiva con un modelo monolítico completo, obteniendo mejoras en cuanto a tiempo de cálculo y manteniendo el error dentro de un margen aceptable.

Agradecimientos

Agradecimientos al programa de Magister en Ingeniería Mecánica de la universidad de Talca que ofrece la oportunidad de desarrollar investigación en elementos finitos. Asimismo, agradezco La Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y la Sociedad Chilena de Mecánica Computacional por la instancia de presentar los avances en materia de elementos finitos y optimización de los procesos de calculo computacional.

REFERENCIAS

[1] Whitcomb, J.D. “Iterative global/local finite element analysis”. *Comput. Struct.* 1991, 40, 1027-1031. [https://doi.org/10.1016/0045-7949\(91\)90334-1](https://doi.org/10.1016/0045-7949(91)90334-1)



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



Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional

MÉTODO DE INTEGRACIÓN NODAL BASADO EN LA DESCOMPOSICIÓN DEL ELEMENTO VIRTUAL PARA PLASTICIDAD EN GRANDES DEFORMACIONES

Rodrigo Silva Valenzuela^{1,2}, Alejandro Ortiz Bernardin²

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

²Departamento de Ingeniería Mecánica - Universidad de Chile
Av. Beauchef 851 – Santiago – CHILE
e-mail : aortizb@uchile.cl, rosilva@ug.uchile.cl

RESUMEN

Se propone un método de partícula basado en la integración nodal de la forma débil de Galerkin utilizando el concepto de ponderación nodal y la descomposición del elemento virtual para mecánica de sólidos no lineal y deformaciones finitas. La característica nodal se basa en la ponderación de la deformación de las celdas de integración asociada a cada nodo [1,2], mientras que la integración se realiza mediante la descomposición del elemento virtual [3]. El esquema, al heredar las virtudes del método del elemento virtual, las cuales son trabajar con mallas con celdas de lados arbitrarios y una menor sensibilidad a la distorsión de la malla, junto con el concepto de integración nodal que evita la necesidad de remapear información de la malla antigua a la malla nueva, lo hace idóneo para trabajar con simulaciones cuyo dominio está sometido a grandes distorsiones que requieran remallado. Para estudiar la robustez del esquema, se implementan varios problemas de referencia en plasticidad con grandes deformaciones.

REFERENCIAS

- [1] C. R. Dohrmann, M. W. Heinstein, J. Jung, S. W. Key, W. R. Witkowski, Node-based uniform strain elements for three-node triangular and four-node tetrahedral meshes, *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 47 (9) (2000) 1549-1568.
- [2] A. Ortiz-Bernardin, R. Silva-Valenzuela, S. Salinas-Fernández, N. Hitschfeld-Kahler, S. Luza, B. Rebolledo "A node-based uniform strain virtual element method for compressible and nearly incompressible elasticity". *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 124, No. 8, pp. 1818-1855, 2023.
- [3] L. Beirão da Veiga, F. Brezzi, A. Cangiani, G. Manzini, L. D. Marini, A. Russo, Basic principles of virtual element methods, *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences* 23 (1) (2013) 199-214.



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



Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE GRIETAS CON METODOLOGÍA NO INTRUSIVA GLOBAL/LOCAL ACOPLANDO MODELOS TIPO VIGA 1D Y 3D PARA MALLAS NO COMPATIBLES

Matías Jaque-Zurita¹, Ignacio Fuenzalida-Henríquez² y Jorge Hinojosa³

¹ Doctorado en Sistemas de Ingeniería - Universidad de Talca – Curicó – CHILE
e-mail: matias.jaque@utalca.cl

² Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción - Universidad de Talca – Curicó – CHILE
e-mail: ifuenzalida@utalca.cl

³ Departamento de Tecnologías industriales - Universidad de Talca – Curicó – CHILE
e-mail: jhinojosa@utalca.cl

RESUMEN

Las estructuras civiles generalmente son simuladas con elementos tipo viga 1D, siendo la principal herramienta utilizada los softwares comerciales para realizar estos análisis. Estos análisis no incorporan crecimiento de grietas. La metodología global/local [1] en un marco no intrusivo se ha utilizado para incorporar daño dentro de estas simulaciones [2] usando un modelo local no lineal con elementos 3D. Para poder conectar los modelos la interfaz debe ser coincidente, sin embargo, este caso no se puede garantizar al utilizar un modelo global proveniente de la industria sin intervención. Por lo anterior, se implementó la metodología sin necesidad de intervenir los modelos, para ello se incorpora un modelo intermedio dentro del esquema global/local que permite transmitir la información entre modelos con mallas no coincidentes sin modificar el modelo global. Esto permite utilizar un modelo local con dimensiones arbitrarias mejorando el desempeño, ya que el tamaño del modelo local influye en la convergencia de la metodología. La metodología fue aplicada a una viga empotrada con una carga puntual en el extremo libre y a una estructura porticada. Se usó el software SAP2000 para analizar el modelo global y Code_Aster para el modelo local, siendo conectados mediante una interfaz de Python, obteniendo mejores resultados que mallas compatibles.

Agradecimientos

ANID, beca número PFCHA / DOCTORADO BECAS CHILE /2021 - 21211486.

REFERENCIAS

- [1]Whitcomb, J.D. “Iterative global/local finite element analysis”. *Comput.Struct.* 1991, 40, 1027-1031. [https://doi.org/10.1016/0045-7949\(91\)90334-1](https://doi.org/10.1016/0045-7949(91)90334-1)
- [2]Jaque-Zurita, M.; Hinojosa, J.; Fuenzalida-Henríquez, I. “Global-Local Non Intrusive Analysis with 1D to 3D Coupling: Application to Crack Propagation and Extension to Commercial Software”. *Mathematics* 2023, 11, 2540. <https://doi.org/10.3390/math11112540>



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



Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional

**Modelación de un tambor aglomerador industrial por el método de
elementos discretos**

**Carlos Henríquez Navarrete¹, Manuel Moncada Merino^{1*}, Cristian Rodríguez
Godoy¹**

¹Departamento de Ingeniería Mecánica –Universidad De Concepción
Av. Edmundo Larenas 219– Concepción – CHILE
*e-mail: manuelmoncada@udec.cl

RESUMEN

El tambor aglomerador es uno de los equipos de granulación más utilizados en la industria minera, que permiten llevar a cabo el proceso de aglomeración. El proceso de aglomerado es un proceso previo a la lixiviación por apilamiento en pilas, que permite garantizar un mejor coeficiente de permeabilidad [1]. La aglomeración permite que partículas finas se adhieren a partículas más gruesas por medio de humedad y aglutinantes [2]. En la actualidad, la evaluación de la calidad de la aglomeración se realiza por la experiencia del operador, quien determina las condiciones óptimas de funcionamiento del tambor. Existen investigaciones que orientan sus objetivos en validar un modelo computacional que represente el funcionamiento de equipos mineros, y que este modelo sea capaz de generar resultados representativos a la realidad. Los resultados de estos modelos numéricos permitirían maximizar y mejorar el diseño y operación [3, 4]. Este trabajo se modela numéricamente mediante el método de elementos discretos (DEM), usando el software de ANSYS Rocky, un tambor aglomerador industrial, con el objetivo de analizar el comportamiento del mineral durante la aglomeración, considerando las fuerzas de adhesión debidas a un puente líquido. Se calcula la potencia y torque necesarios para su operación, logrando buena concordancia con datos obtenidos en planta.

REFERENCIAS

- [1] S. C. Bouffard, "Review of agglomeration practice and fundamentals in heap leaching," *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, vol. 26(3–4), p. 233–294, Julio 2005.
- [2] G. Walker, "Drum granulation process," in *Handbook of powder technology*, Elsevier Science BV, 2007, pp. 219-254.
- [3] H. Z. J. G. J. Z. Y. H. Mengxiao Yu, "Three-dimensional DEM simulation of polydisperse particle flow in rolling mode rotating drum," *Powder Technology*, vol. 396, pp. 626-63, 2022.
- [4] T. G. A. O. Andrzej Heim, "The effect of the wetting droplets size on power consumption during drum granulation," *Granular Matter*, vol. 6, pp. 137-143, 2004.



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



**Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional**

EVALUACIÓN DEL DAÑO Y LA ANISOTROPÍA EN LA ALEACIÓN DE ALUMINIO 5083-H116

**Sergio Nuñez¹, Alexander Ferreira¹, Álvaro González¹, Marcela Cruchaga²
y Diego Celentano³**

¹Escuela de Ingeniería Mecánica – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Av. Los Carrera 01567 – Quilpué – CHILE

e-mail : sergio.nunez@pucv.cl, alexander.ferreira@pucv.cl, alvaro.gonzalez.o@pucv.cl

²Departamento de Ingeniería Mecánica - Universidad de Santiago de Chile

Av. Bdo. O'Higgins 3363 – Santiago – CHILE

e-mail : marcela.cruchaga@usach.cl

³Departamento de Ingeniería Mecánica y Metalúrgica – Pontificia Universidad Católica de Chile

Av. Vicuña Mackenna 4860 – Macul – CHILE

e-mail : dcelentano@ing.puc.cl

RESUMEN

La aleación de aluminio 5083-H116 es ampliamente utilizada en diversas aplicaciones industriales debido a sus notables propiedades mecánicas, especialmente en la construcción naval. En este estudio se investiga la anisotropía de esta aleación mediante ensayos de tracción en tres direcciones: 0 grados (dirección de laminación), 45 grados y 90 grados. Los resultados experimentales permiten evaluar los coeficientes de Lankford, revelando una baja anisotropía en el material. Basados en los resultados experimentales y mediante simulación numérica con el método de los elementos finitos, se obtiene la constante crítica del modelo de daño de Rice y Tracey [1], que luego se valida a través de la simulación numérica de un ensayo de corte puro para evaluar la efectividad del modelo bajo condiciones de triaxialidad cercanas a cero.

REFERENCIAS

[1] J. R. Rice and D. M. Tracey, "On the ductile enlargement of voids in triaxial stress fields" Journal of the Mechanics and Physics of Solids, vol. 17, no. 3, pp. 201-217, 1969.



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



Sociedad Chilena de
Mecánica Computacional

EVALUACIÓN DEL DAÑO EN CONDICIONES DINÁMICAS MEDIANTE ADAPTACIÓN DEL ENSAYO DE CHARPY

Dylan Aranda¹, Álvaro González¹, Diego Celentano² y Marcela Cruchaga³

¹ Escuela de Ingeniería Mecánica – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Av. Los Carrera 01567 – Quilpué – CHILE

e-mail : matias.galleguillos.b@mail.pucv.cl, alvaro.gonzalez.o@pucv.cl

² Departamento de Ingeniería Mecánica y Metalúrgica – Pontificia Universidad Católica de Chile

Av. Vicuña Mackenna 4860 – Macul – CHILE

e-mail : dcelentano@ing.puc.cl

³ Departamento de Ingeniería Mecánica - Universidad de Santiago de Chile

Av. Bdo. O'Higgins 3363 – Santiago – CHILE

e-mail : marcela.cruchaga@usach.cl

RESUMEN

En este trabajo se propone una metodología numérica para la evaluación de la evolución del daño en condiciones dinámicas. Basándose en la técnica propuesta por Jafari et al. [1], en la cual se mide la acumulación de daño en probetas sometidas a altas tasas de deformación utilizando la barra de Hopkinson, se plantea un enfoque adaptado para la caracterización del daño bajo condiciones dinámicas. Este trabajo considera la simulación del ensayo de Charpy adaptado para permitir la acumulación de deformación plástica en condiciones dinámicas, el que será modelado mediante el método de elementos finitos utilizando LS-Dyna. Además, se emplearán rutinas definidas por el usuario para cuantificar el daño bajo distintos criterios, con el objetivo de observar diferencias entre los modelos estudiados. El modelo de endurecimiento de Johnson-Cook, que incluye la dependencia explícita de la tasa de deformación, será utilizado para evaluar la incidencia de este parámetro en la evolución del daño.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado por ANID mediante Proyecto Fondecyt 1220211.

REFERENCIAS

[1] S. S. Jafari, G.H. Majzoobi, E. Khademi y M. Kashfi. "Development of a new technique for measuring damage accumulation at high strain rates" Engineering Fracture Mechanics, vol 209, pp. 162-172, 2019.