

## DISEÑO MULTIESCALA DE SÓLIDOS ELÁSTICOS CON MICROESTRUCTURAS CELULARES BIOIMIMÉTICAS

Lucas Colabella<sup>a</sup>, Adrián P. Cisilino<sup>a</sup>, Victor D. Fachinotti<sup>b</sup> y Piotr Kowalczyk<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*División Mecánica de Materiales – INTEMA, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Av. Juan B. Justo 4302, Mar del Plata, Argentina, <http://www.intema.gov.ar>*

<sup>b</sup>*Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC), Universidad Nacional del Litoral (UNL)/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Predio CCT-CONICET Santa Fe, Ruta 168, Paraje El Pozo, 3000 Santa Fe, Argentina*

<sup>c</sup>*Institute of Fundamental Technological Research, Polish Academy of Sciences, Pawinskiego 5B, 02-106 Warsaw, Poland*

**Palabras Clave:** Optimización multiescala, Hueso trabecular, Andamios óseos, Microestructuras parametrizadas.

**Resumen.** El hueso trabecular es un material altamente poroso, heterogéneo y anisotrópico que se puede encontrar en la epífisis de los huesos largos y en la estructura vertebral. Su estructura jerárquica hace del hueso trabecular un excelente ejemplo de un material natural capaz de combinar un bajo peso con alta resistencia y dureza. Esta excepcional combinación de propiedades ha inspirado el desarrollo de una gran variedad de materiales bioinspirados. Se presenta en este trabajo una herramienta de optimización jerárquica multiescala para maximizar la rigidez de un sólido en la escala macro mediante el ajuste de los parámetros que describen su microestructura punto a punto sobre el dominio de optimización. Para esto se combinan el esquema de análisis de sensibilidad multiescala propuesto por Fachinotti et al. (*Int J Solids Struct*, 69-70:45-59 (2015)) y la microarquitectura celular parametrizada propuesta por Kowalczyk (*Comput Methods Biomech Biomed Eng*, 9(3):135-147 (2006)). Las características más destacadas de su implementación son el uso de: un algoritmo de optimización del tipo punto interior, una metodología de superficie de respuesta precalculada para la evaluación del tensor elástico de la microestructura en función de los micro parámetros, y del método adjunto para el cálculo de la sensibilidad de la respuesta mecánica macroscópica a la variación de los micro parámetros. El desempeño y eficacia de la herramienta se demuestra mediante la solución de cuatro problemas de evaluación cuyos resultados se comparan con soluciones de referencia obtenidas empleando optimización topológica. Los resultados de optimización multiescala son coherentes con las soluciones de optimización topológica de referencia, produciendo, en todos los casos, diseños más eficientes. Luego, se explora la capacidad de la herramienta para reproducir la microestructura de un fémur proximal sometido a cargas fisiológicas normales. El modelo predice exitosamente las principales características de la disposición espacial de las microestructuras trabeculares y corticales en el fémur.