

Máster Universitario de Tecnologías y Procesos Industriales Avanzados

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

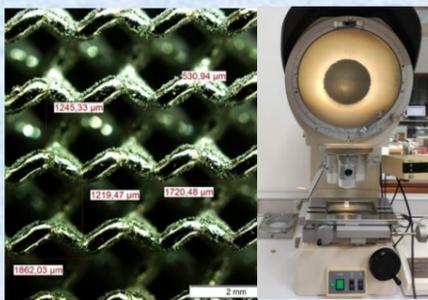
ESTUDIO BIOMECÁNICO EXPERIMENTAL DE ESTRUCTURAS POROSAS OBTENIDAS POR FABRICACIÓN ADITIVA APLICADAS A DEFECTOS ÓSEOS

RESUMEN

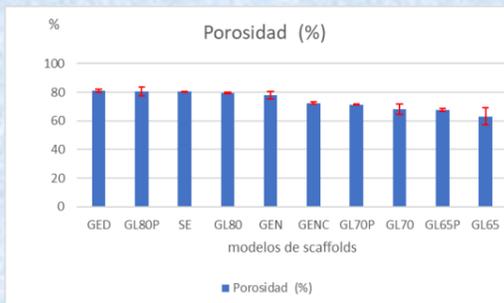
Las estructuras de superficie mínima triplemente periódica (TPMS) han demostrado ser adecuadas para el diseño de scaffolds biomórficos orientados a aplicaciones de crecimiento óseo. En este trabajo se han diseñado y fabricado diferentes tipos de scaffolds de giroides de Ti-6Al-4V (esqueléticos basados en TPMS y en láminas basadas en TPMS) mediante fusión de lecho de polvo por láser con el fin de analizarlos y clarificar qué tipo de scaffolds podría ser la mejor opción para utilizar en la reparación de defectos óseos. Las pruebas de compresión y flexión realizadas demostraron que los scaffolds de giroides esqueléticos eran lo suficientemente flexibles como para favorecer la cicatrización ósea. Por otro lado, los scaffolds giroides de lámina probados podrían ser demasiado rígidos para promover un crecimiento óseo óptimo en el interior del scaffold. Las propiedades torsionales eran aceptables para la mayoría de los scaffolds. Los valores de permeabilidad de Darcy de todos los scaffolds ensayados parecían favorecer el crecimiento óseo más que el cartilaginoso.

ENSAYOS REALIZADOS

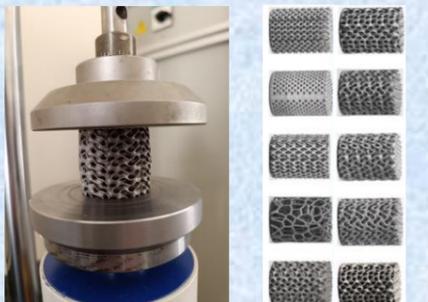
POROSIDAD



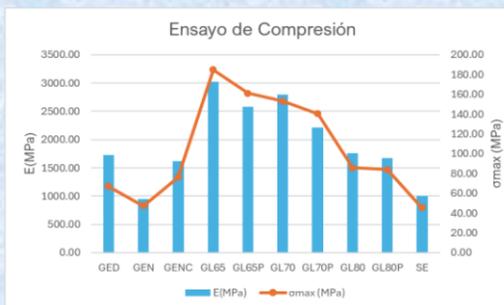
scaffold	Porosidad (%)	desviación estándar (%)
GEN	77.94	0.24
GENC	72.37	0.08
GED	81.02	0.09
GL80	79.58	0.05
GL70	68.16	0.37
GL65	63.15	0.59
GL80P	80.68	0.31
GL70P	71.44	0.04
GL65P	67.66	0.11
SE	80.65	0.01



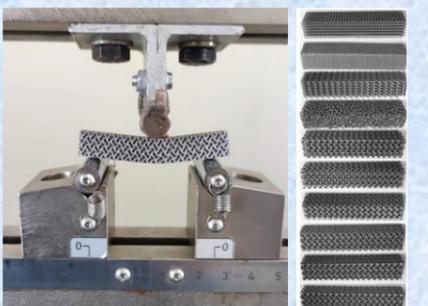
COMPRESIÓN



scaffold	E(MPa)	σ_{max} (MPa)
GED	1729.44	66.93
GEN	953.49	47.16
GENC	1618.05	76.43
GL65	3028.36	185.01
GL65P	2585.28	161.23
GL70	2801.28	153.20
GL70P	2217.52	140.59
GL80	1758.77	85.97
GL80P	1677.34	84.19
SE	1001.21	45.51



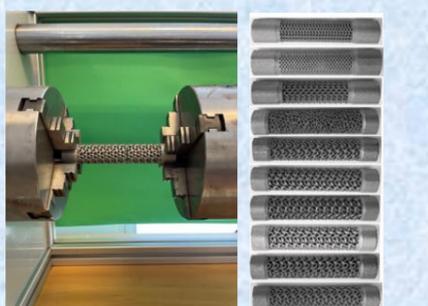
FLEXIÓN



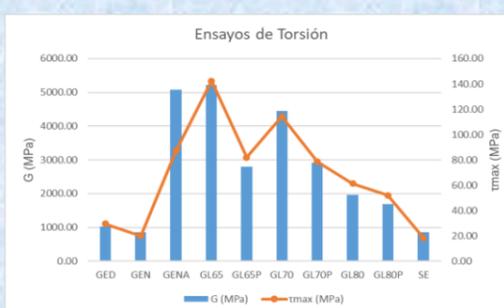
scaffold	Ef (MPa)	σ_f (MPa)
GED	2261.34	91.71
GEN	1136.31	66.70
GENA	4478.28	185.59
GL65	4902.62	313.62
GL65P	3929.45	203.54
GL70	4154.66	275.26
GL70P	3168.94	199.91
GL80	2070.62	134.48
GL80P	1564.89	128.62
SE	1870.59	80.48



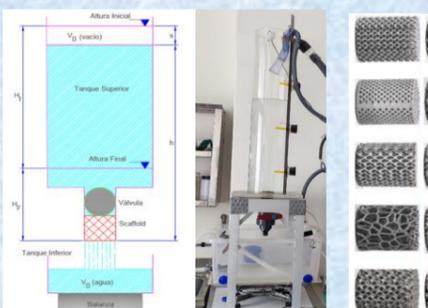
TORSIÓN



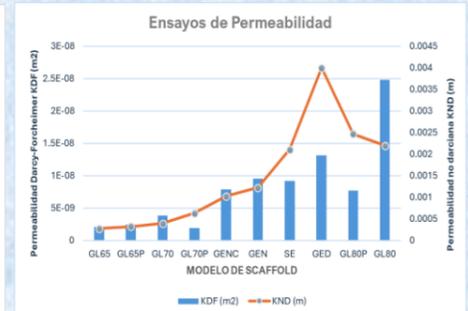
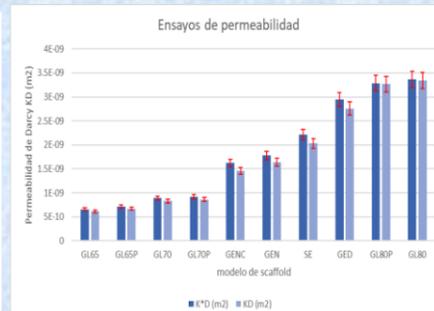
scaffold	G (MPa)	τ_{max} (MPa)
GED	1026.13	29.60
GEN	851.52	20.14
GENA	5082.06	87.12
GL65	5207.24	142.33
GL65P	2800.19	82.03
GL70	4447.93	114.23
GL70P	2909.38	78.58
GL80	1962.10	61.26
GL80P	1696.66	52.14
SE	863.51	18.48



PERMEABILIDAD



scaffold	K*D (m2)	KD (m2)	KDF (m2)	KND (m)
GL65	6.561E-10	6.128E-10	2.121E-09	0.0002745
GL65P	7.166E-10	6.673E-10	2.461E-09	0.0003192
GL70	8.885E-10	8.28E-10	3.818E-09	0.0003964
GL70P	9.133E-10	8.618E-10	1.948E-09	0.0006307
GENC	1.62E-09	1.453E-09	7.846E-09	0.001026
GEN	1.78E-09	1.635E-09	9.498E-09	0.0012226
SE	2.211E-09	2.029E-09	9.183E-09	0.0021057
GED	2.944E-09	2.757E-09	1.312E-08	0.004
GL80P	3.285E-09	3.267E-09	7.693E-09	0.0024595
GL80	3.364E-09	3.344E-09	2.484E-08	0.0021961



CONCLUSIONES

Se han investigado los scaffolds de TPMS de titanio fabricados mediante LBPF (giroides esqueléticos y giroides de lámina con porosidades entre el 65% y el 80%, y tamaño de poro próximo a 1 mm). Los resultados se resumen a continuación:

1. Para favorecer el crecimiento celular la deformación debe ser alta, por tanto, el scaffold no debe ser excesivamente rígido. En este trabajo, los scaffolds giroides esqueléticos mantenían un E_{ap} inferior a 2 Gpa (buena regeneración ósea). Sólo los scaffolds giroides esqueléticos normales se situaron por debajo de 1 Gpa (regeneración óptima). Los scaffolds de giroides esqueléticos podrían ser demasiado rígidos para promover un crecimiento óseo óptimo dentro del scaffold
2. Las pruebas de compresión también mostraron que sólo los scaffolds GL65 y GL70 (perforados y no perforados) se encontraban en el rango de resistencia del hueso cortical.
3. Las diferencias porcentuales entre los scaffolds en las propiedades de flexión fueron similares a las obtenidas en compresión, aunque los valores de rigidez y resistencia fueron superiores en flexión
4. Las propiedades torsionales de los scaffolds de este estudio fueron aceptables para la reparación de defectos óseos, menos el GED y el SE que muy deficientes.
5. El coeficiente de permeabilidad derivado de la ley de Darcy (que oscila entre $6.13 \times 10^{-10} \text{ m}^2$ y $3.34 \times 10^{-9} \text{ m}^2$) demostró ser una medida fiable de la permeabilidad en los scaffolds metálicos TPMS. Sin embargo, los dos la ley de Forchheimer no fueron concluyentes.