



CONTENIDO

- Antecedentes y justificación
- Alcance
- Objetivos
- Revisión de la literatura
- Metodología
- Resultados, análisis y discusión
- Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro
- Referencias



Antecedentes y justificación

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

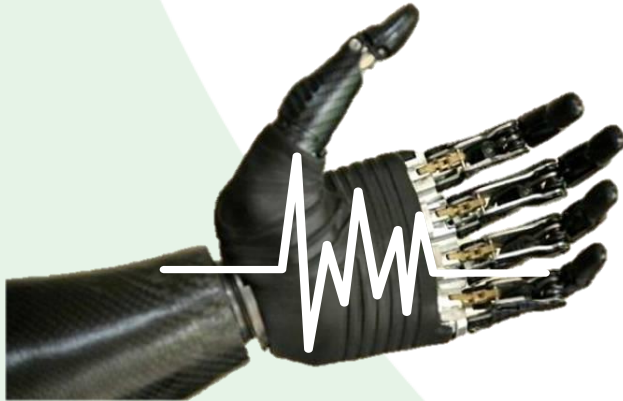
Revisión de la literatura

Metodología

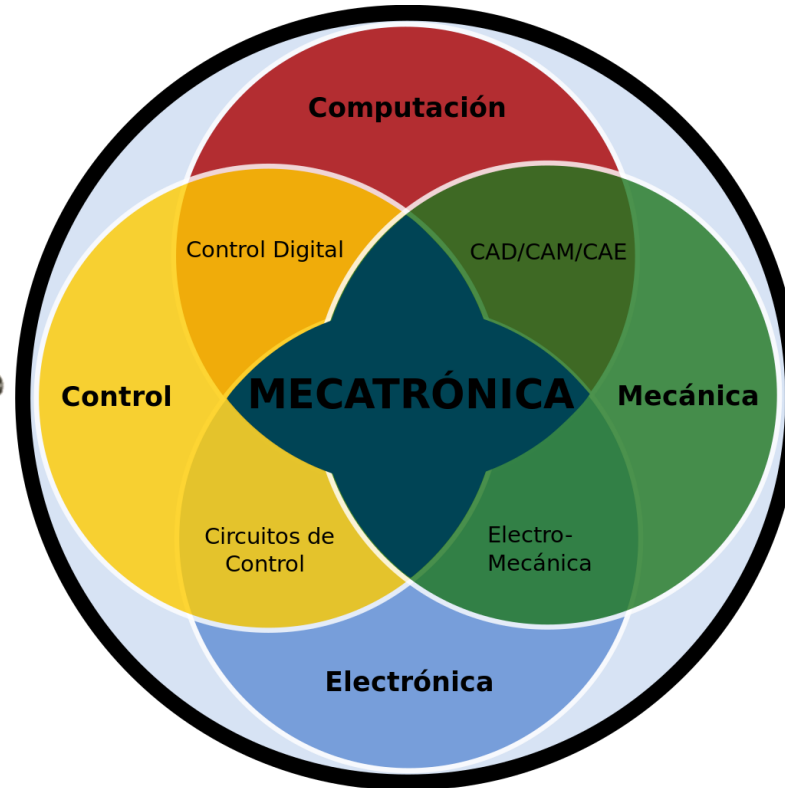
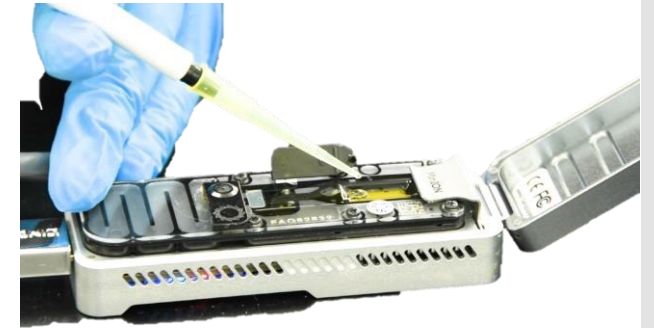
Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Biomedicina



Biotecnología





Antecedentes y justificación

Antecedentes y Justificación

Alcance

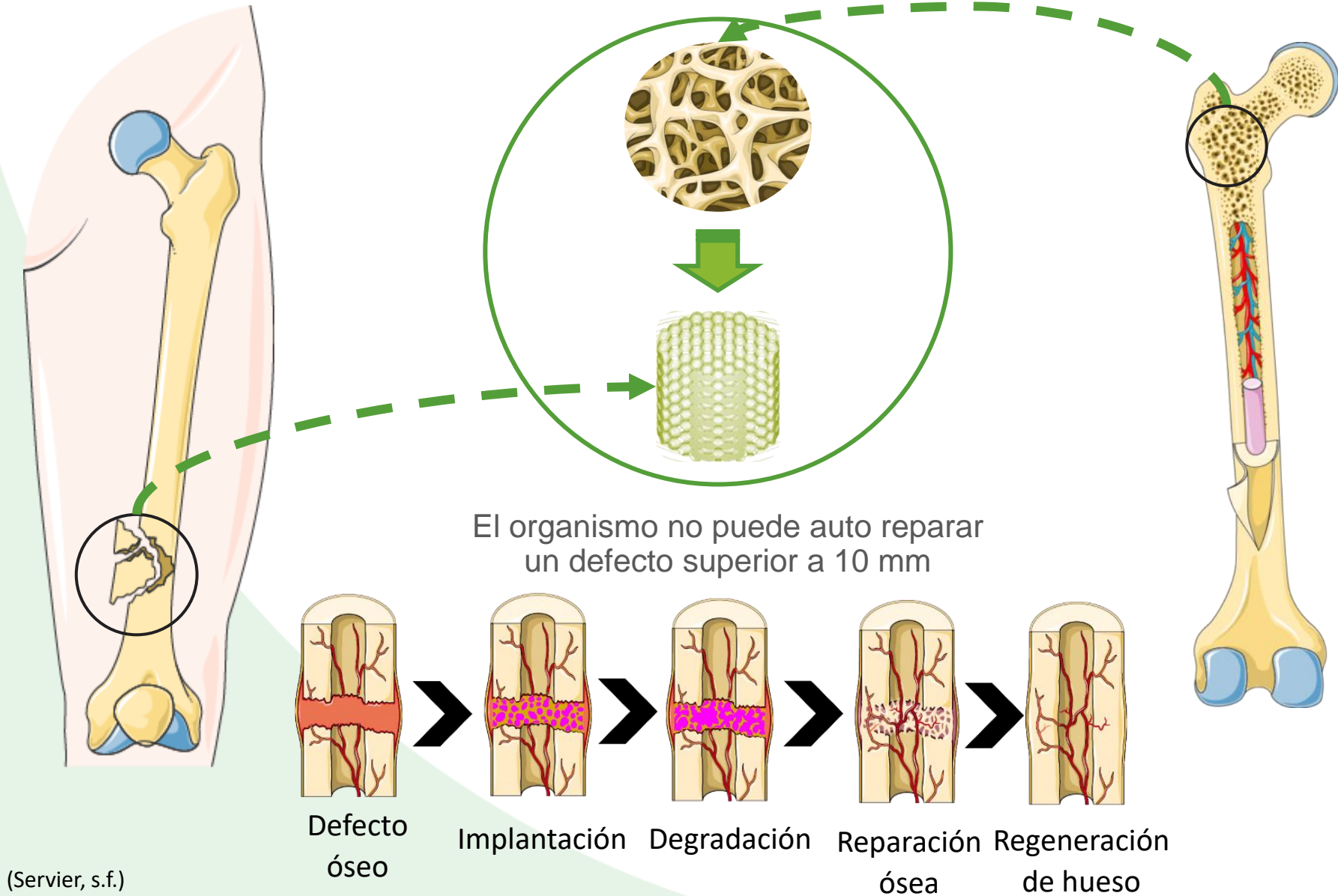
Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

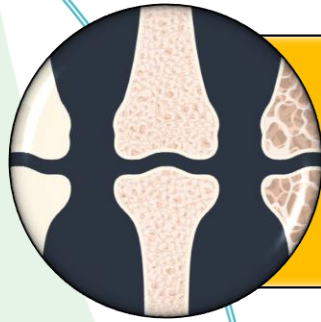
Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

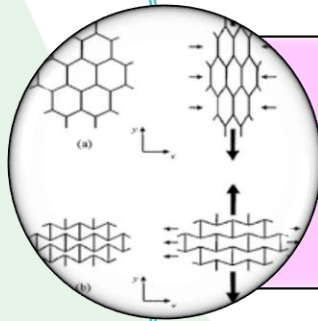




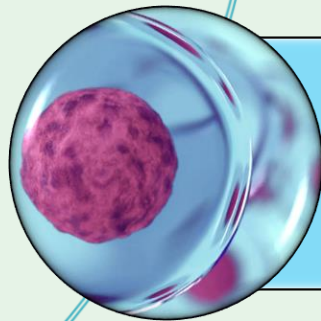
Antecedentes y justificación



Uso de la estereolitografía para fabricar andamios biodegradables 3D de tamaño crítico para el crecimiento óseo (Cooke et al., 2003)



Diseño de scaffolds auxéticos fabricados mediante impresión 3D para estimulación mecánica de células (Fuentealba Sierra, 2021)



Diseño de scaffolds para facilitar la comunicación de células madre en frascos de cultivo celular (Arce, s/f)

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros



ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

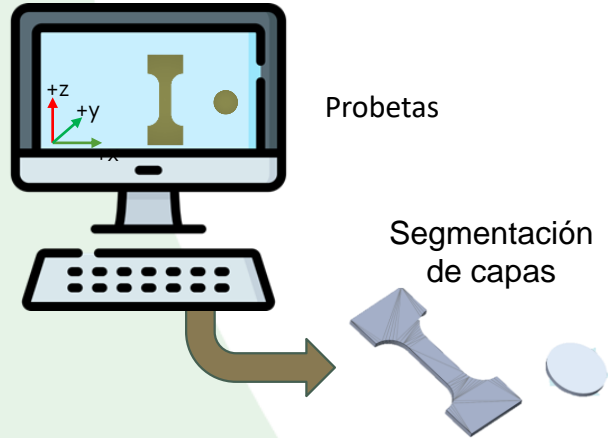
Metodología

Resultados y análisis

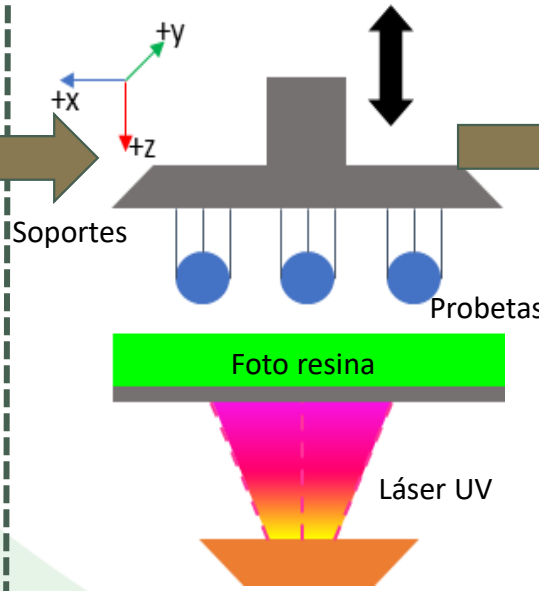
Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Alcance

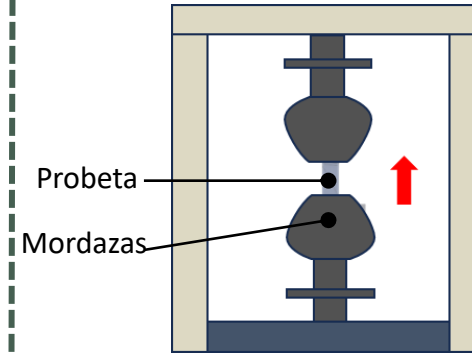
Diseño de probetas para caracterización mecánica



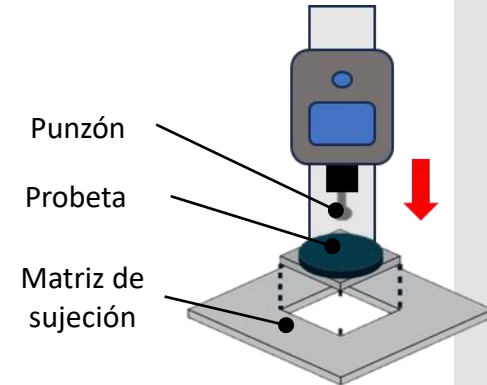
Manufactura de probetas



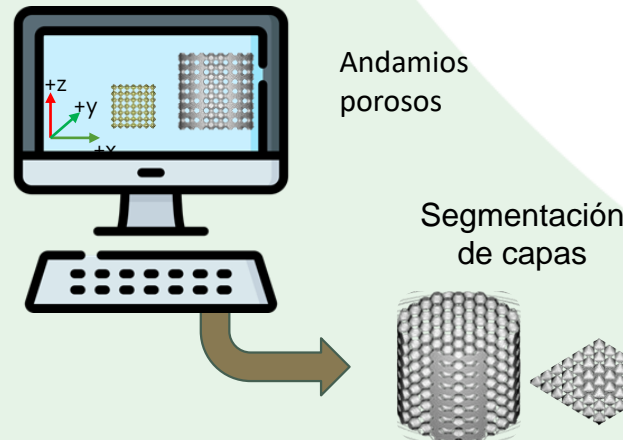
Ensayos mecánicos



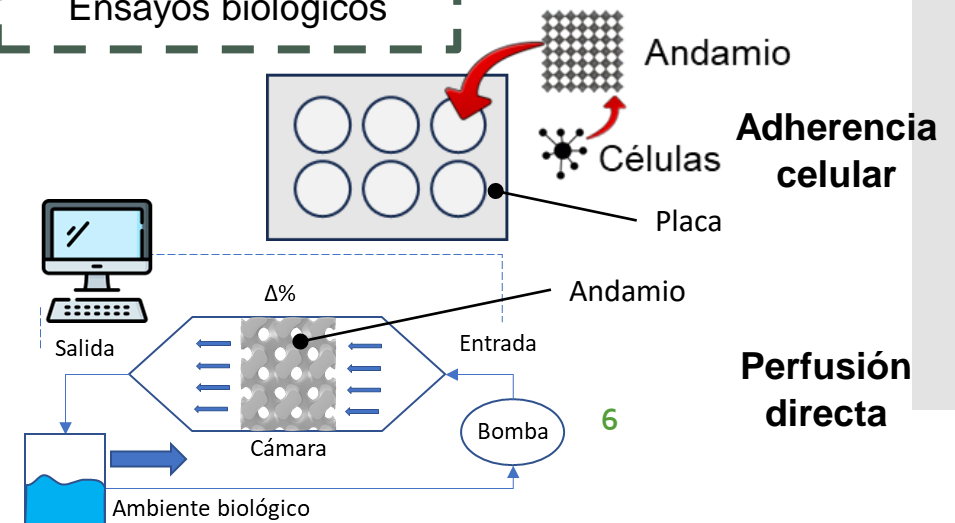
Ensayos



Diseño de probetas para caracterización biológica



Ensayos biológicos





Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

Metodología

Resultados y
análisis

Conclusiones,
recomendaciones
y trabajos futuros

Objetivos

Objetivo general:

Estudiar la impresión 3D con biomateriales: diseño y caracterización básica.

Objetivos específicos:

- Diseñar y realizar pruebas de imprimibilidad para evaluar la capacidad de impresión de biomateriales.
- Diseñar y construir un biorreactor para el desarrollo de estudios de perfusión directa.
- Fabricar andamios impresos para el estudio de perfusión mediante el desarrollo de un protocolo de impresión.
- Realizar pruebas de validación in sílico o in vitro.



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

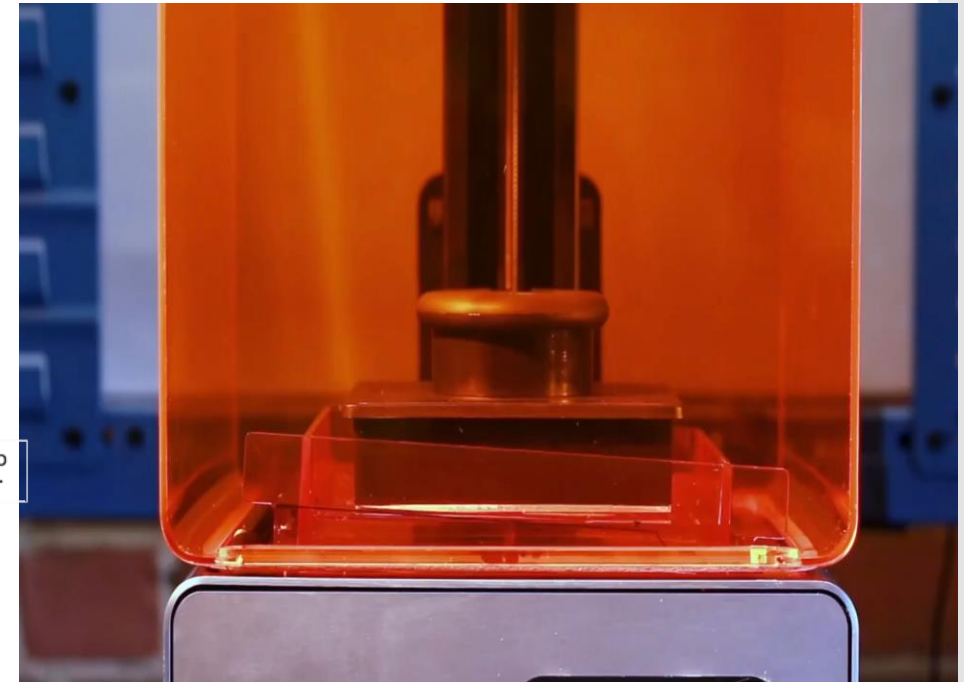
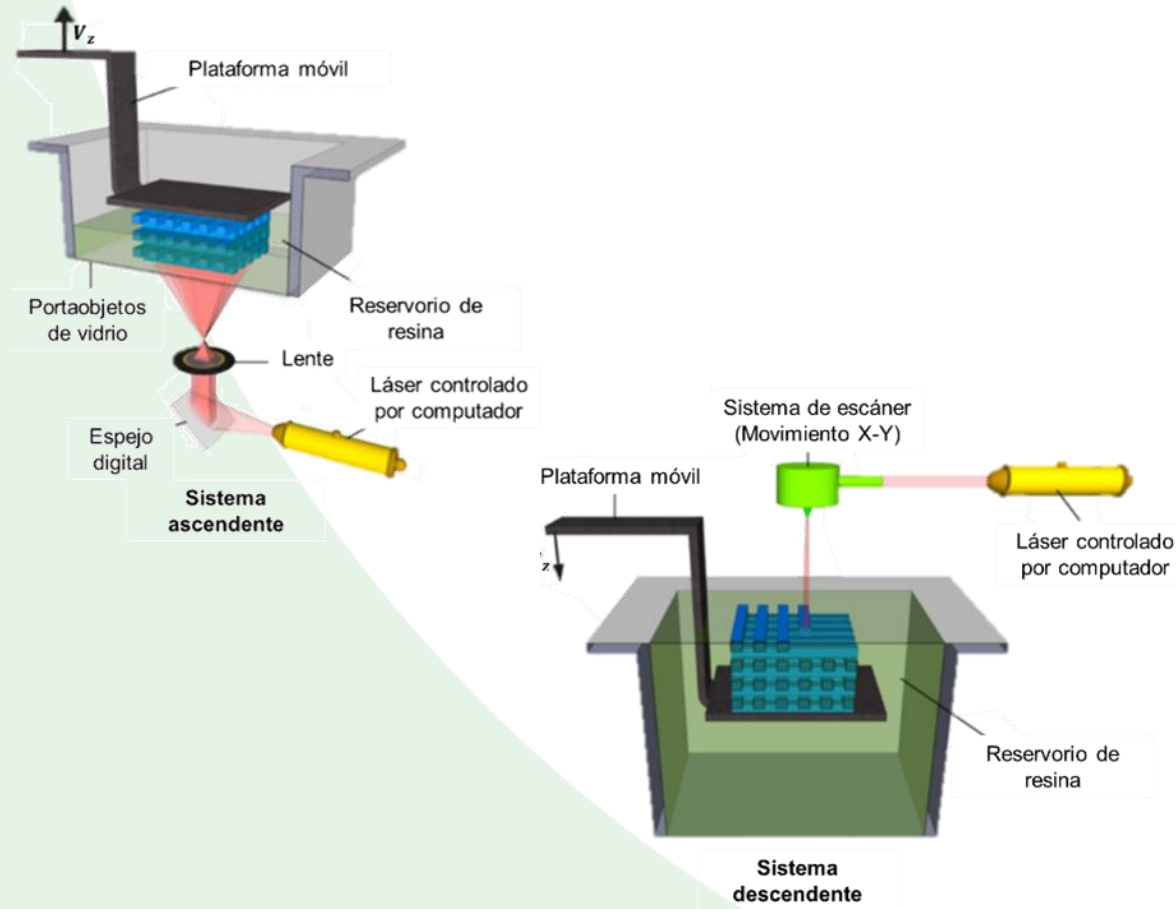
Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Revisión de la literatura

Manufactura aditiva: estereolitografía



(Raeisdasteh Hokmabad et al., 2017, (FormLabs, 2022))



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

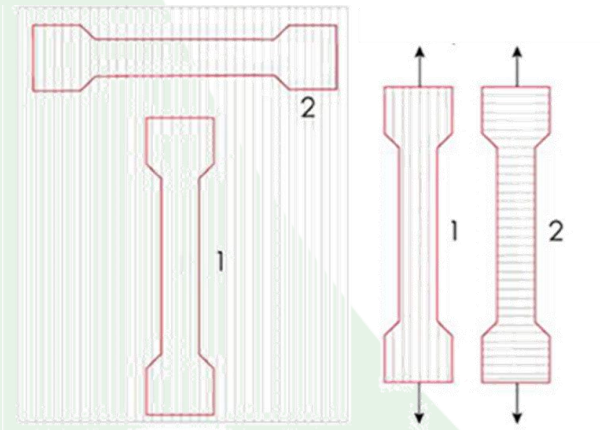
Revisión de la literatura

Propiedades mecánicas en piezas impresas por estereolitografía

Anisotropía

Porosidad

Permeabilidad



$$n = \left(1 - \frac{V_s}{V_T} \right)$$

n : Porosidad
 V_s : volumen del sólido
 V_T : total de volumen

$$Q = \frac{-k \cdot A \cdot \Delta P}{\mu \cdot L}$$

Q : Caudal
 k : Coeficiente de Darcy
 A : Área de la superficie expuesta
 ΔP : Variación de presión, entrada y salida
 μ : Viscosidad del fluido
 L : Longitud donde se produce la pérdida de presión

(Filament2D, 2020)



ECUADOR
Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

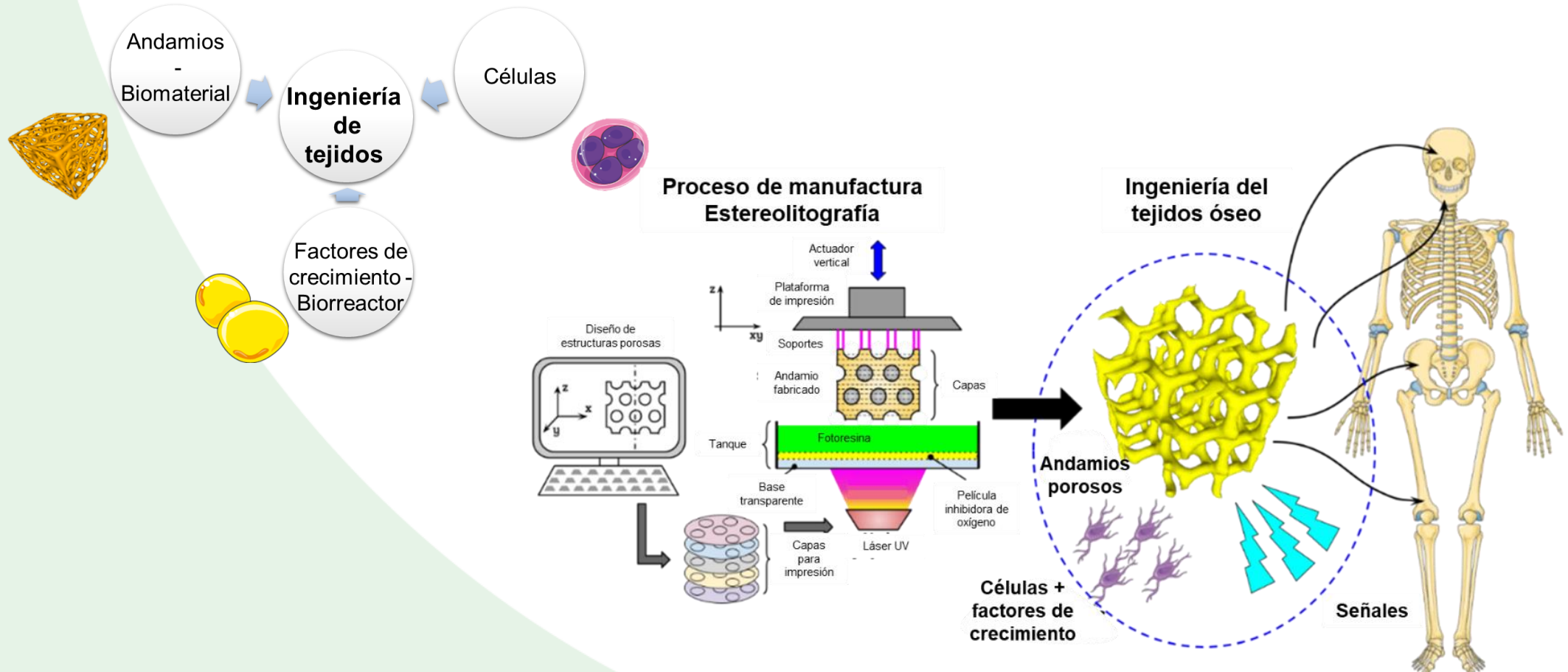
Metodología

Resultados y
análisis

Conclusiones,
recomendaciones
y trabajos futuros

Revisión de la literatura

Ingeniería de tejidos



(O'Brien, 2011)



ECUADOR

Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

Metodología

Resultados y
análisis

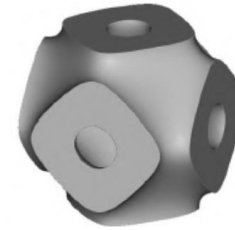
Conclusiones,
recomendaciones
y trabajos futuros

Revisión de la literatura

TPMS Superficies mínimas triplemente periódicas

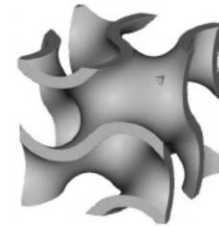
TPMS Schwarz Primitiva

$$\cos(x) + \cos(y) + \cos(z) - C = 0$$



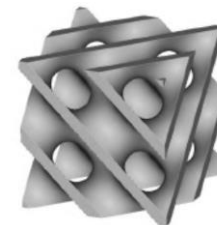
TPMS Giroide

$$\sin(x) \cos(y) + \sin(y) \cos(z) + \sin(z) \cos(x) - C = 0$$



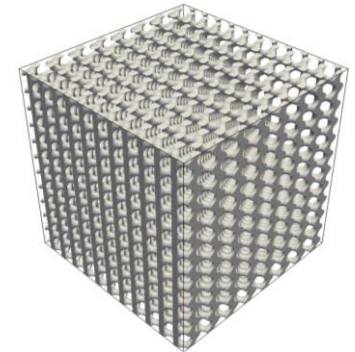
TPMS Diamante

$$\sin(z) \cos(x - y) + \cos(z) \sin(x + y) - C = 0$$

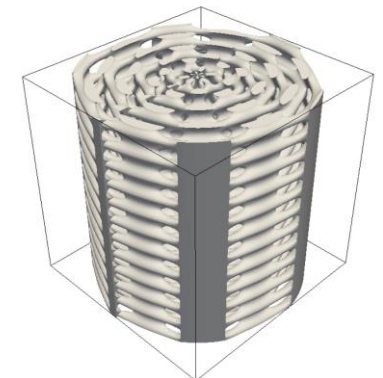


Sistemas de coordenadas

Rectangular



Cilíndrico



(Arjona Rodríguez, 2021)



ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

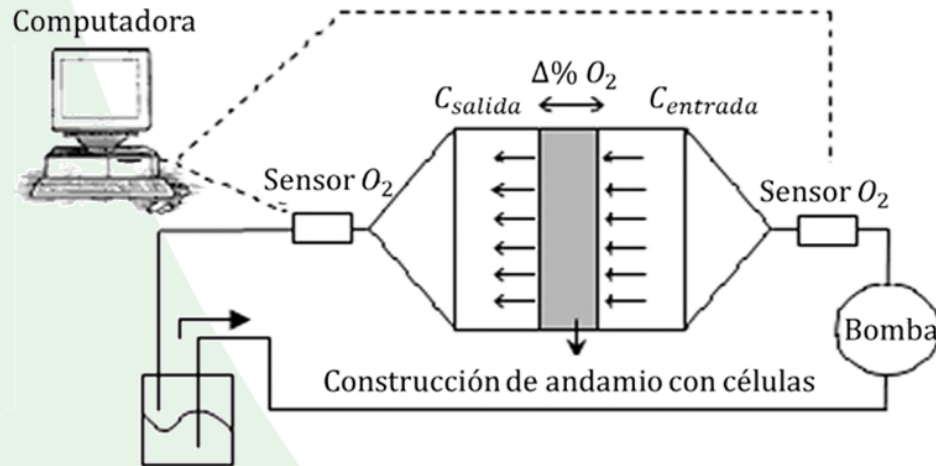
Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Revisión de la literatura

Biorreactor de perfusión



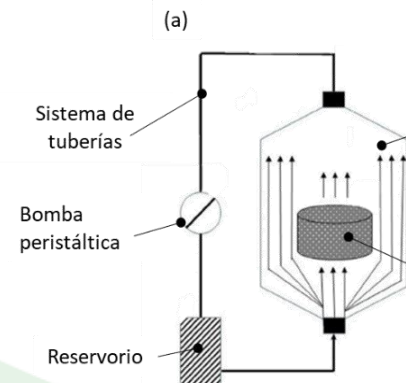
Proliferación

Transferencia de factores de crecimiento

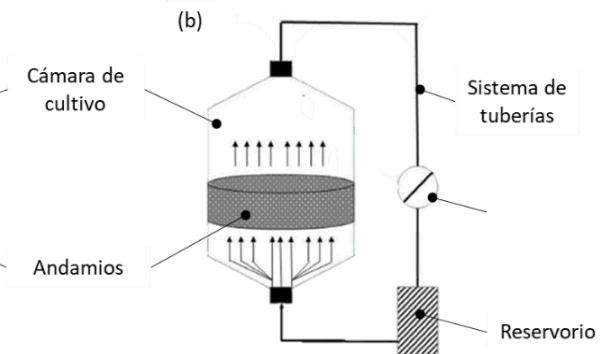
Transferencia de masa

Efectos de estímulos biofísico - terapéuticos

Perfusión indirecta



Perfusión directa



(Santoro et al., s/f, Munteanu et al., 2021)



ECUADOR

Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

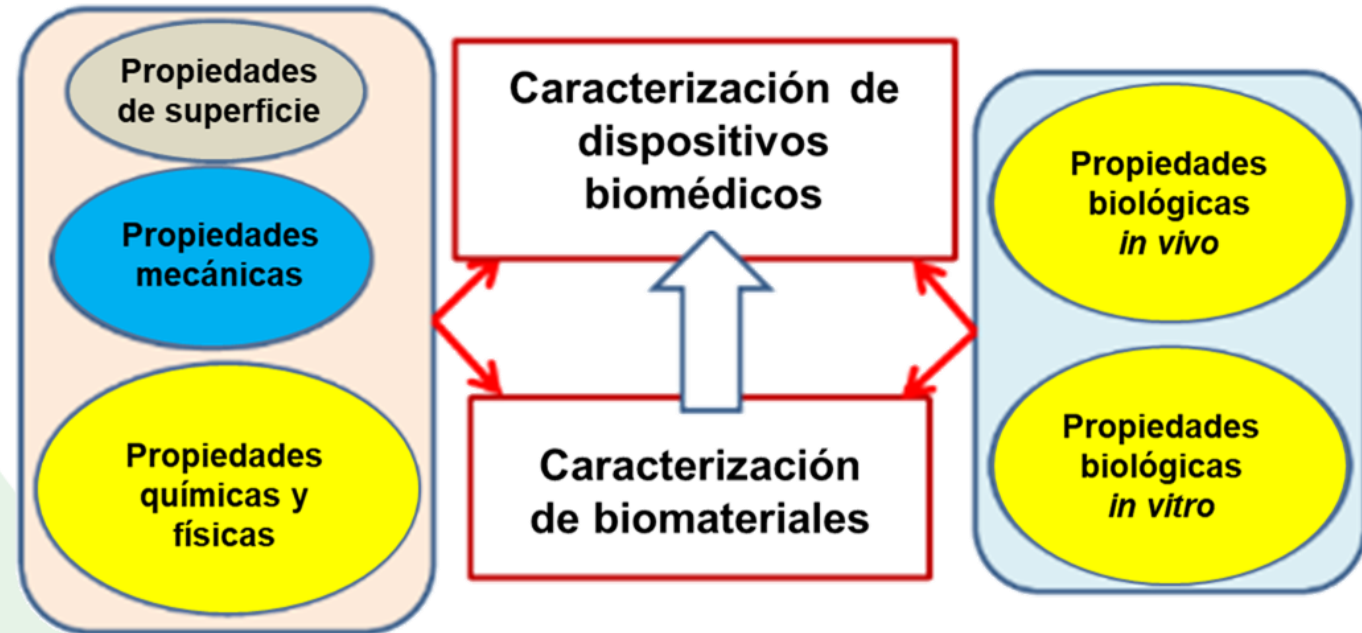
Metodología

Resultados y
análisis

Conclusiones,
recomendaciones
y trabajos futuros

Revisión de la literatura

Caracterización para biomateriales



Técnicas basadas en las
ciencias físicas e ingeniería

Técnicas basadas en las ciencias
biológicas y la medicina

(Bandyopadhyay & Bose, 2013)



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Resultados y análisis

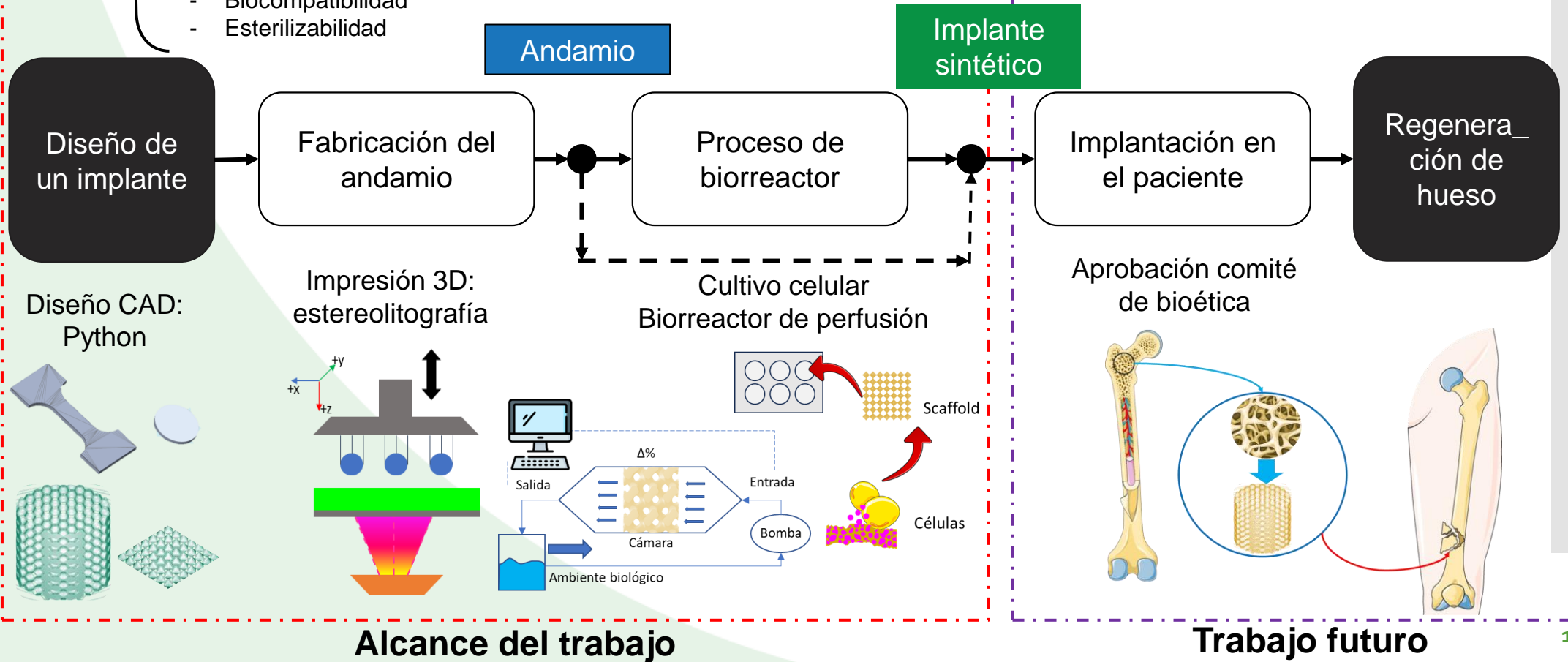
Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Parámetros de rendimiento

- **Estructura**
 - Porosidad
 - Tamaño de poro
 - Estructura de poro
 - Estructura del sólido
- **Propiedades de superficie**
 - Área / volumen
- **Propiedades mecánicas**
 - Esfuerzo de tracción último
 - Elongación unitaria
- **Propiedades biológicas**
 - Degradación
 - Biocompatibilidad
 - Esterilizabilidad

- **Interacción con fluido**
 - Permeabilidad
- **Interacción celular**
 - Adhesión celular

- **Interacción con el tejido**
 - Citotoxicidad
 - Perfil de reabsorción
- **Calidad del nuevo hueso**
 - Volumen defectuoso
 - Densidad aparente
 - Propiedades biomecánicas





ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

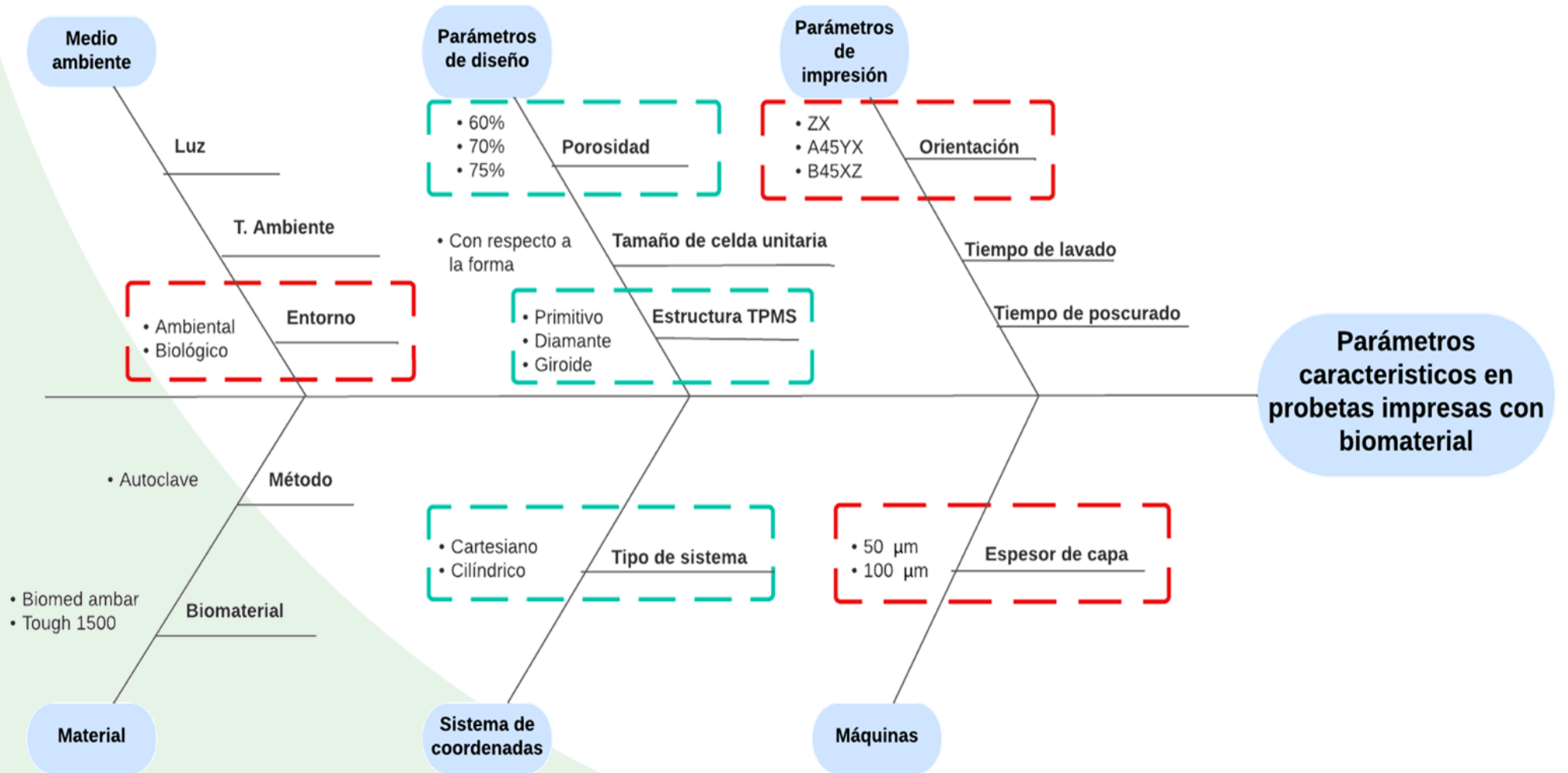
Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Metodología

Parámetros característicos en probetas





ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Metodología

Método de diseño experimental

Ensayo de micro tracción

Factor	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Espesor de capa [μm]	50	100	-
Orientación	SV	S45A	S45B

Ensayo de micro perforado

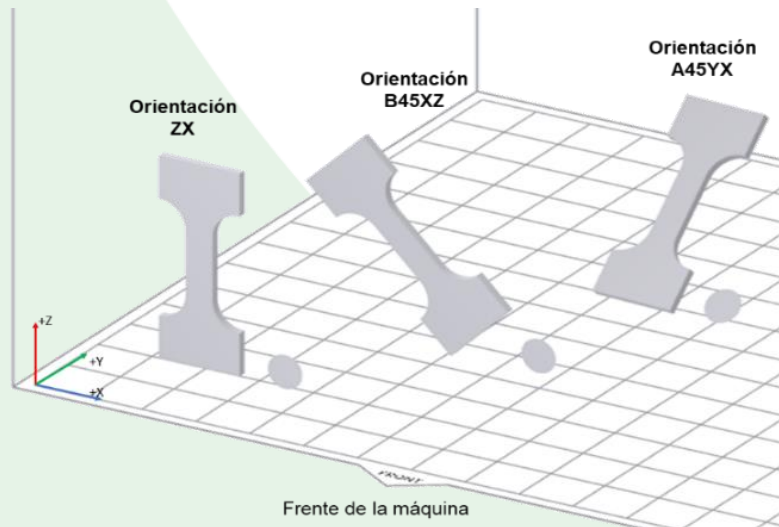
Factor	Nivel 1	Nivel 2
Espesor de capa [μm]	50	100
Orientación	SV	S45B
Entorno	Ambiente	Biológico

Ensayo de adherencia celular

Factor	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Estructura	Diamante	Giroide	Primitivo
Porosidad	60%	70%	75%

Ensayo de permeabilidad

Factor	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Estructura	Giroide	Diamante	Primitiva
Porosidad	60%	70%	75%
Sistema de coordenadas	Rectangular	Cilíndrico	





Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

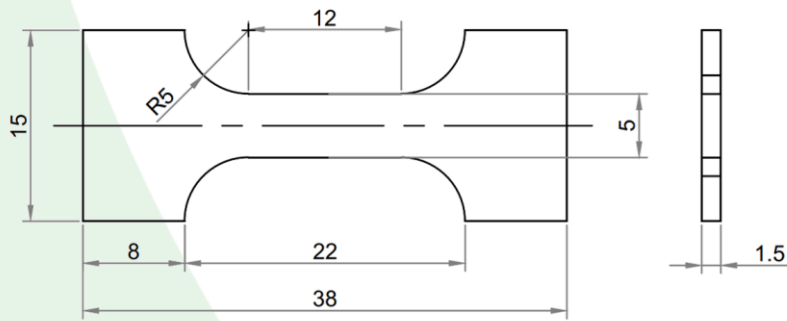
Metodología

Resultados y análisis

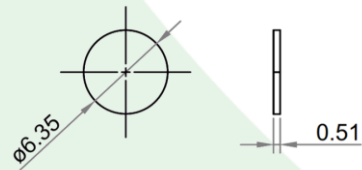
Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Metodología

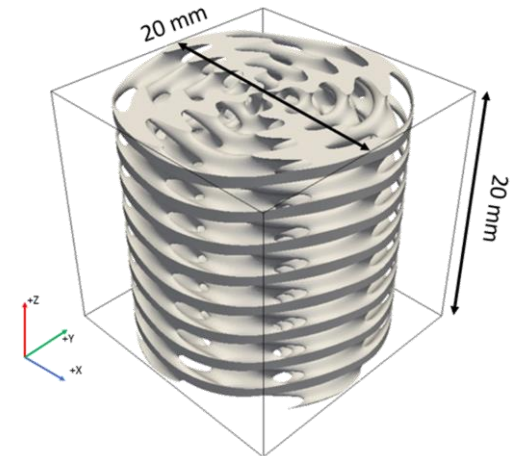
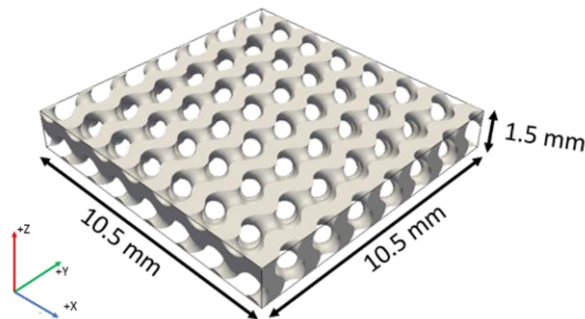
Manufactura de probetas



ASTM D1708



ASTM F2977



Parámetro por ensayo	Valor	
	Ensayo de adherencia PA	Ensayo de permeabilidad PP
Forma del andamio	Prisma rectangular	Cilindro
Volumen del andamio	10.5x10.5x1.5 [mm]	Ø20x20 [mm]
Volumen de celda unitaria	1.5x1.5x1.5 [mm]	2.5x2.5x2.5 [mm]
Espesor de pared	-	-
Sistema de coordenadas	Rectangular	Rectangular / Cilindrico
Estructura	Primitiva, Diamante, Giroide	
Porosidad	60%-70%-75%	60%-75%

Preprocesamiento



ECUADOR

Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

Metodología

Resultados y
análisis

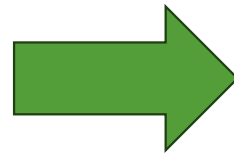
Conclusiones,
recomendaciones
y trabajos futuros

Metodología

Manufactura de probetas

Disponibilidad

Certificación de
biocompatibilidad



BioMed Amber



Tough 1500



ISO 10993-1: Evaluación biológica de dispositivos médicos

ISO 13485: Dispositivos médicos- sistemas de gestión de calidad

(FormLabs, 2022)

Impresión de probetas



ECUADOR
Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

Metodología

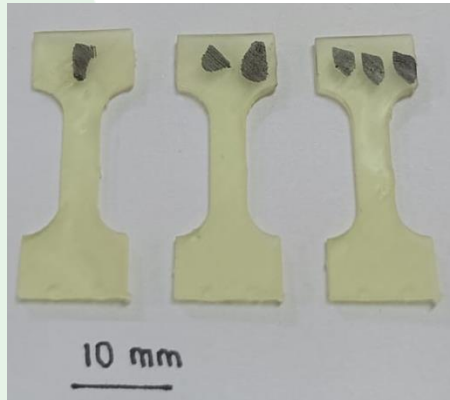
Resultados y
análisis

Conclusiones,
recomendaciones
y trabajos futuros

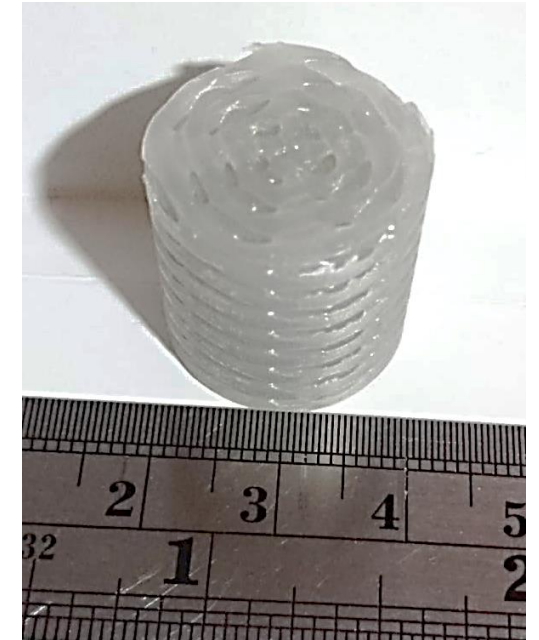
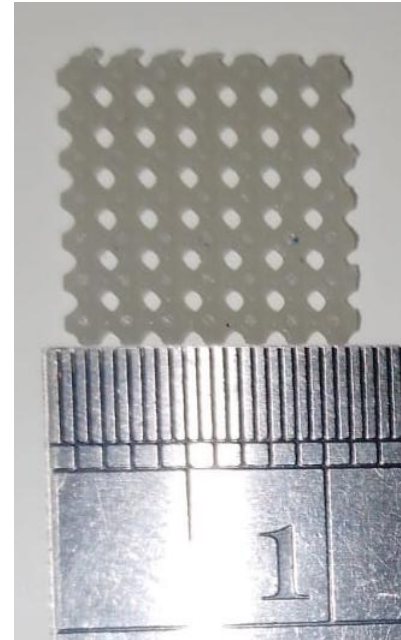
Metodología

Manufactura de probetas

Probetas PMT-PMP



Probetas PA-PP



Posprocesamiento de probetas



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

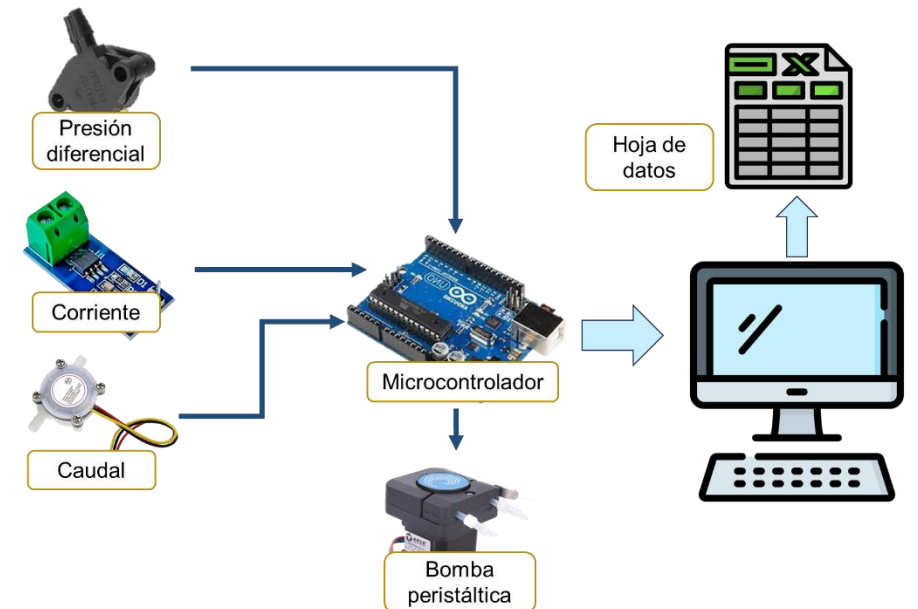
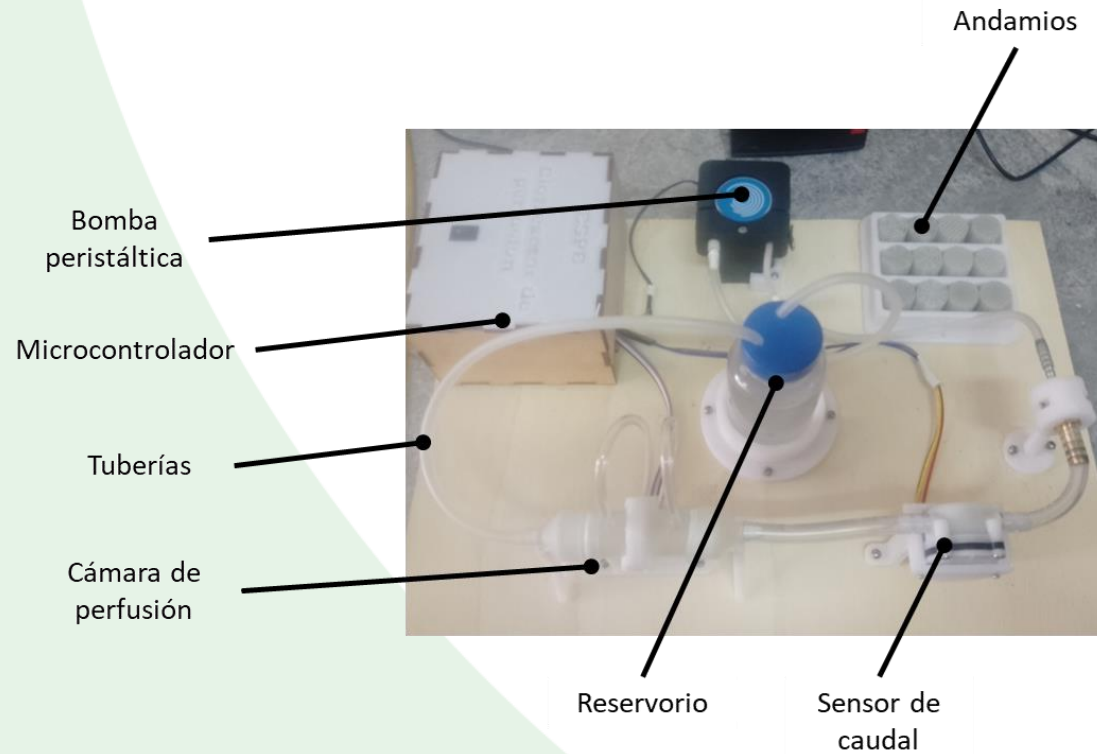
Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Metodología

Prueba de concepto: Biorreactor de perfusión





ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Resultados y análisis

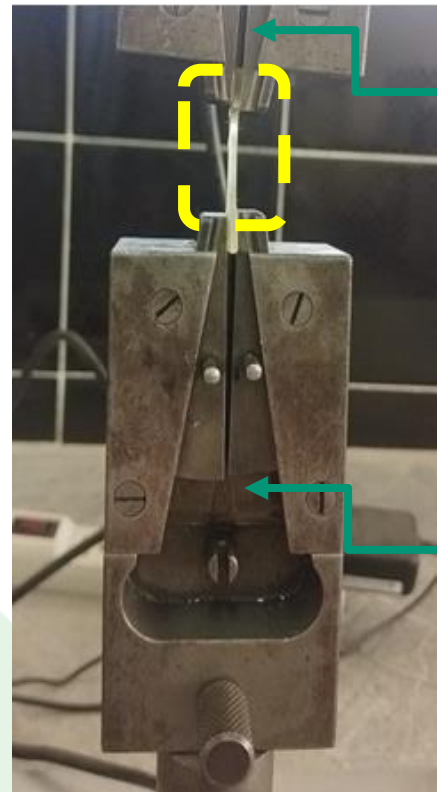
Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Metodología

Caracterización de probetas

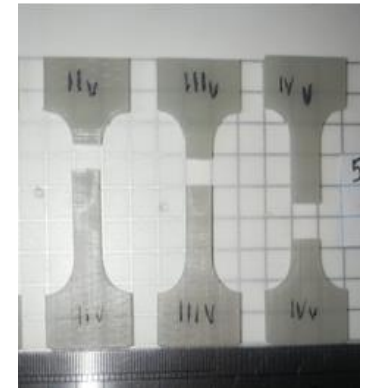
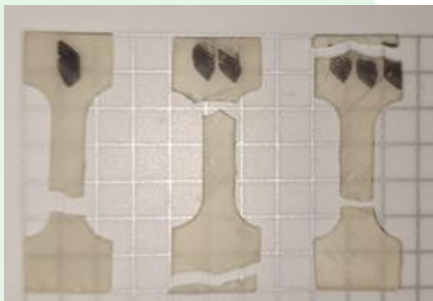
BioMed Amber

Tough 1500



Mordaza superior

Mordaza inferior



Ensayo de micro tracción



ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

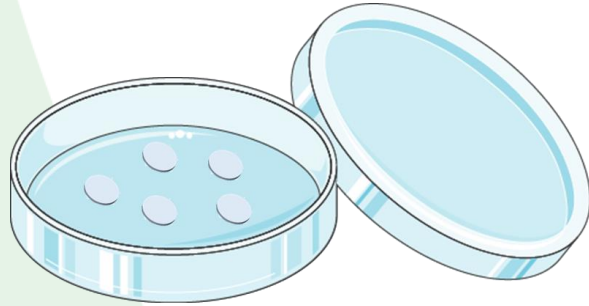
Metodología

Resultados y análisis

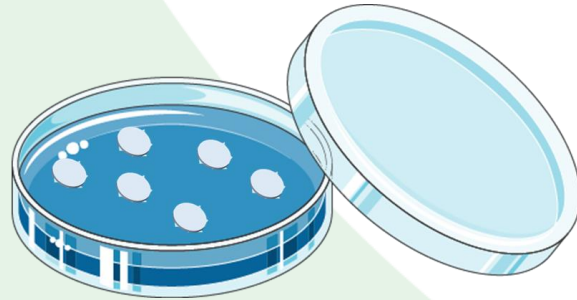
Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Metodología

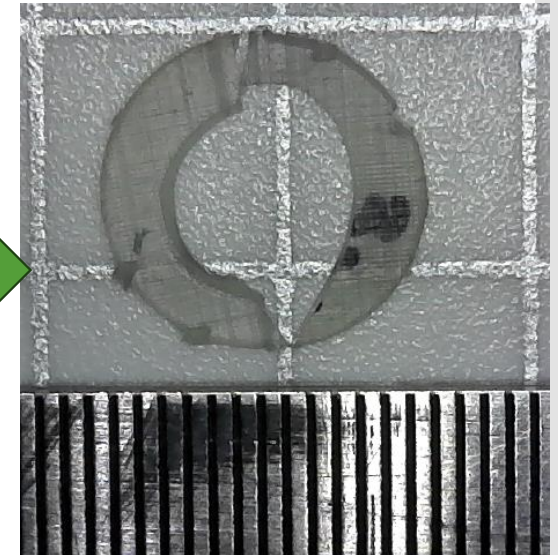
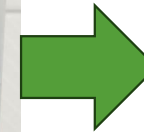
Caracterización de probetas



Entorno ambiente



Entorno biológico



Ensayo de micro perforado



ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

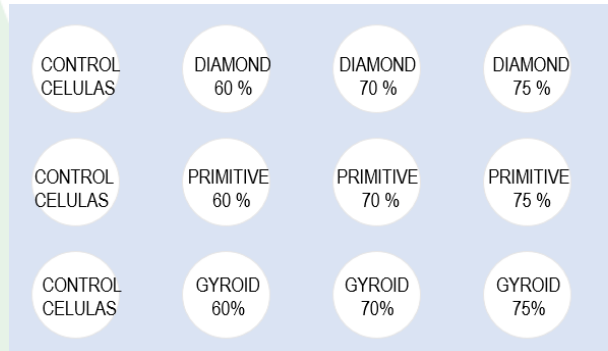
Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Metodología

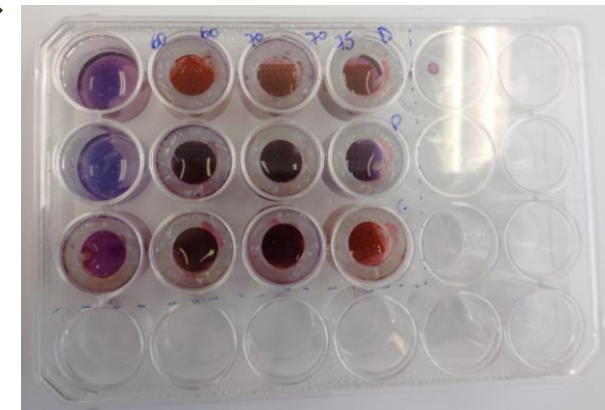
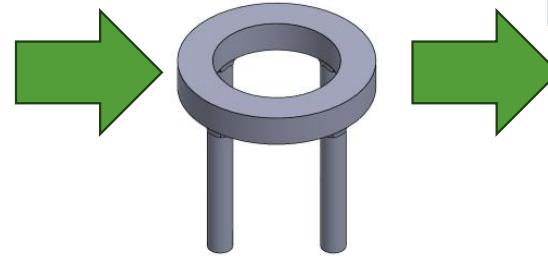
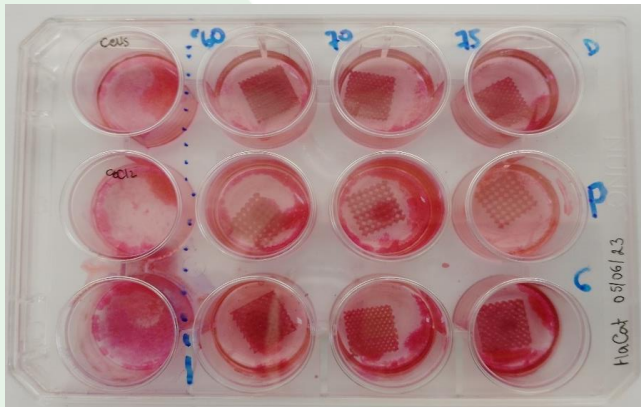
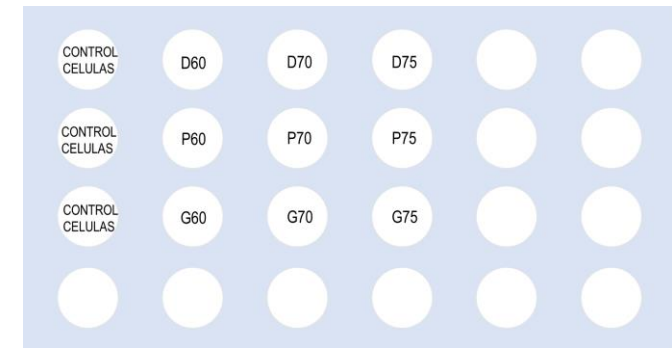
Caracterización de probetas

Prueba cero



Células HaCaT

Prueba final



Ensayo de adherencia celular



ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

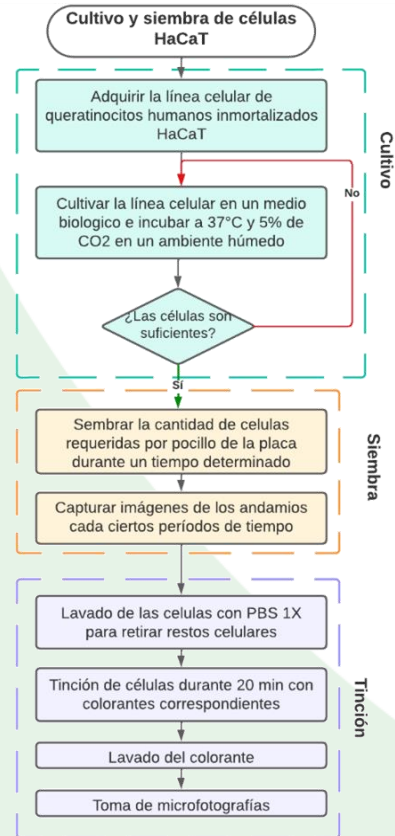
Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

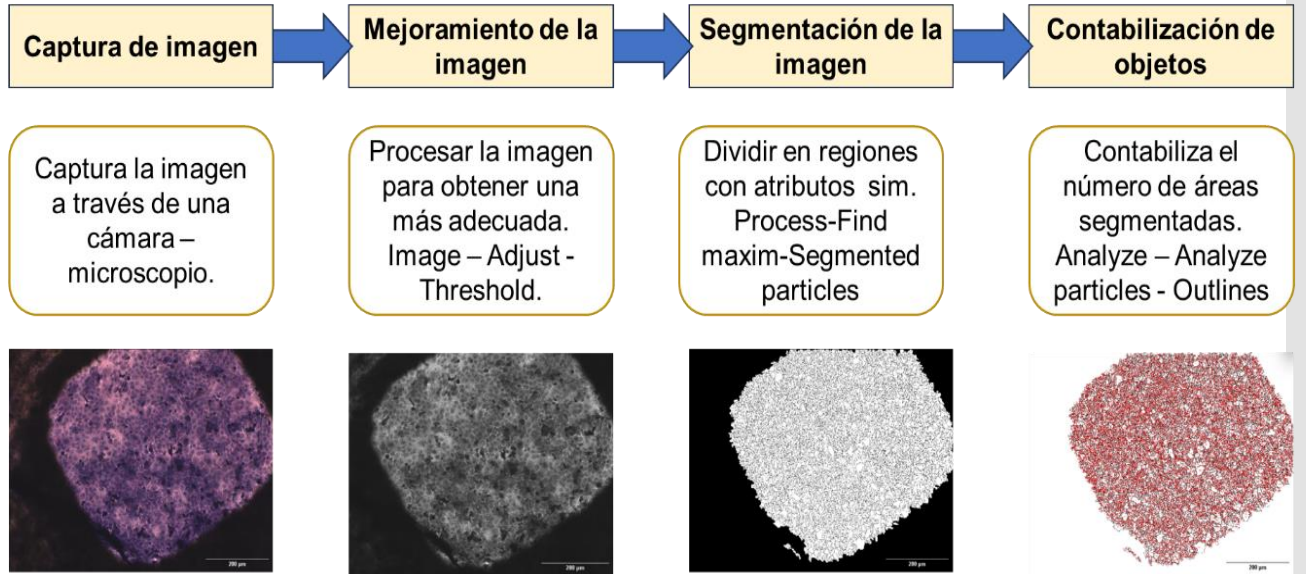
Metodología

Caracterización de probetas

Cultivo celular



Procesamiento de imágenes



Ensayo de adherencia celular



ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Metodología

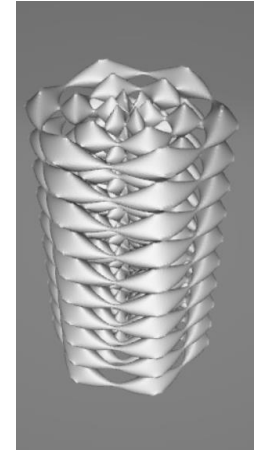
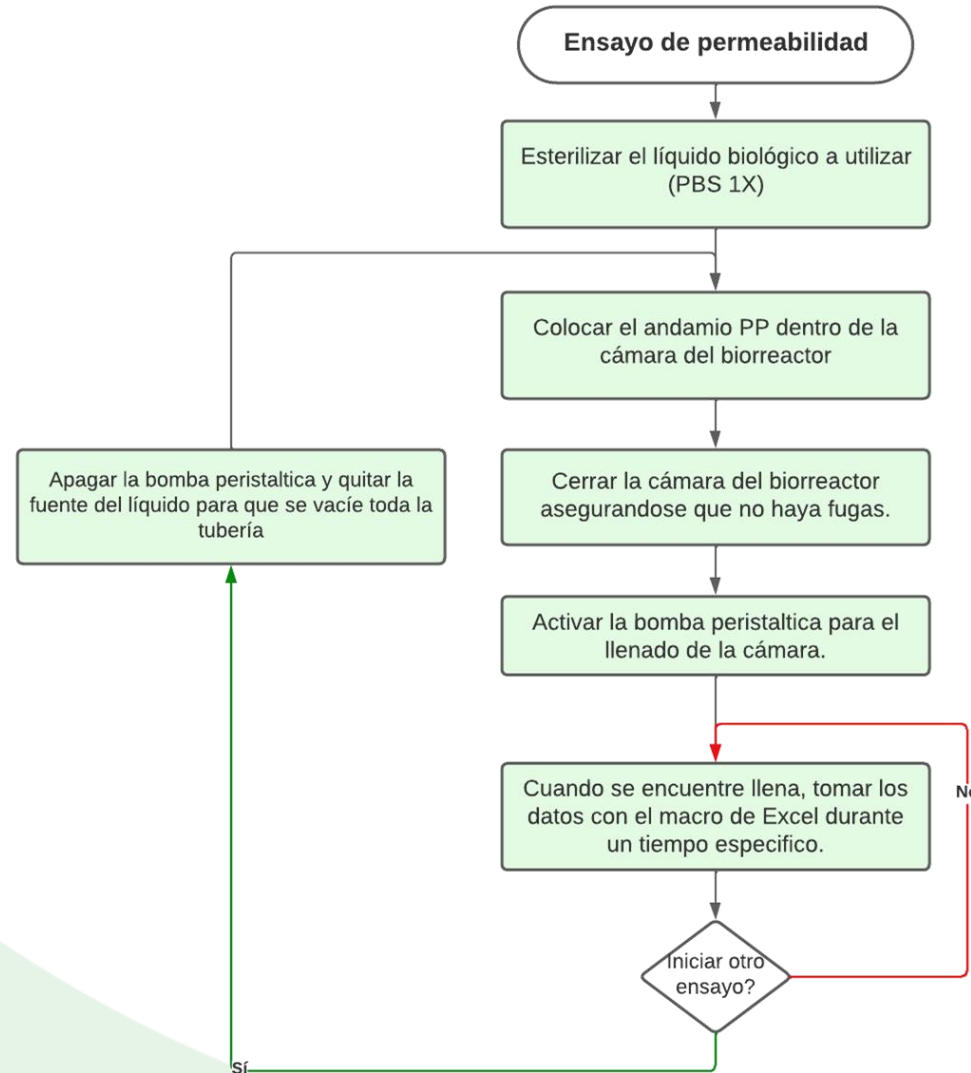
Caracterización de probetas



Condiciones

Tiempo: 60 [s]
Caudal 0.1 [mL]

Ensayo de permeabilidad





ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

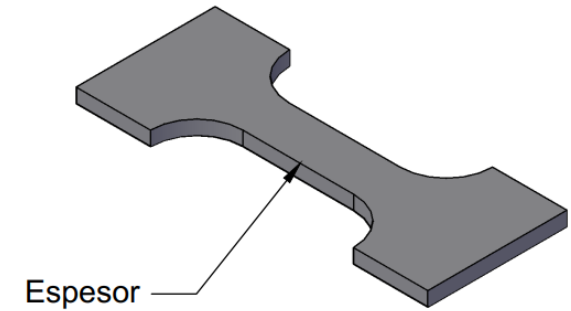
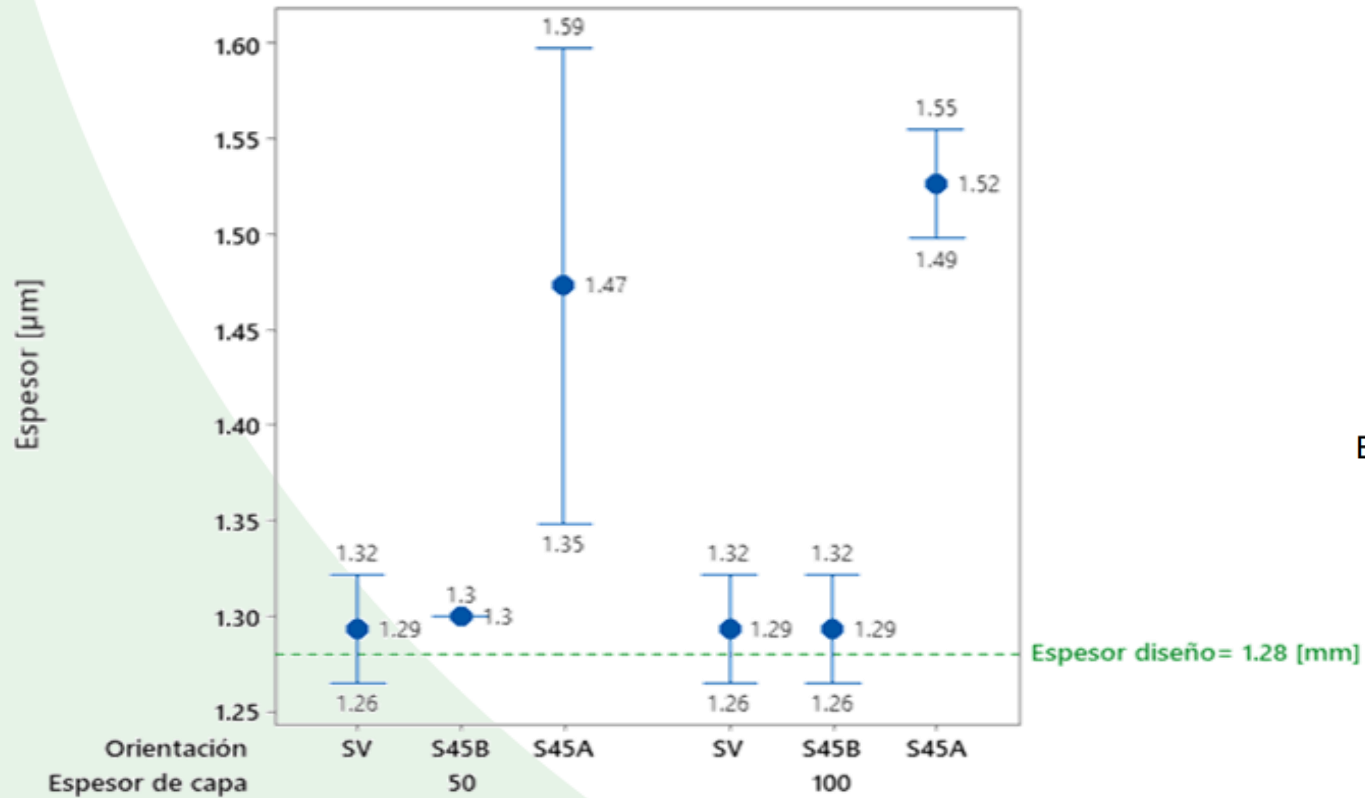
Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Resultados

Control dimensional



Factor: Orientación

Probetas PMT: BioMed Amber



ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

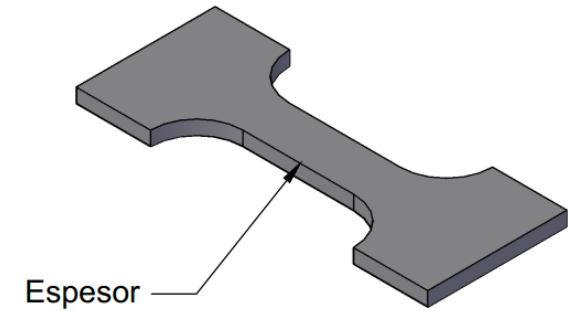
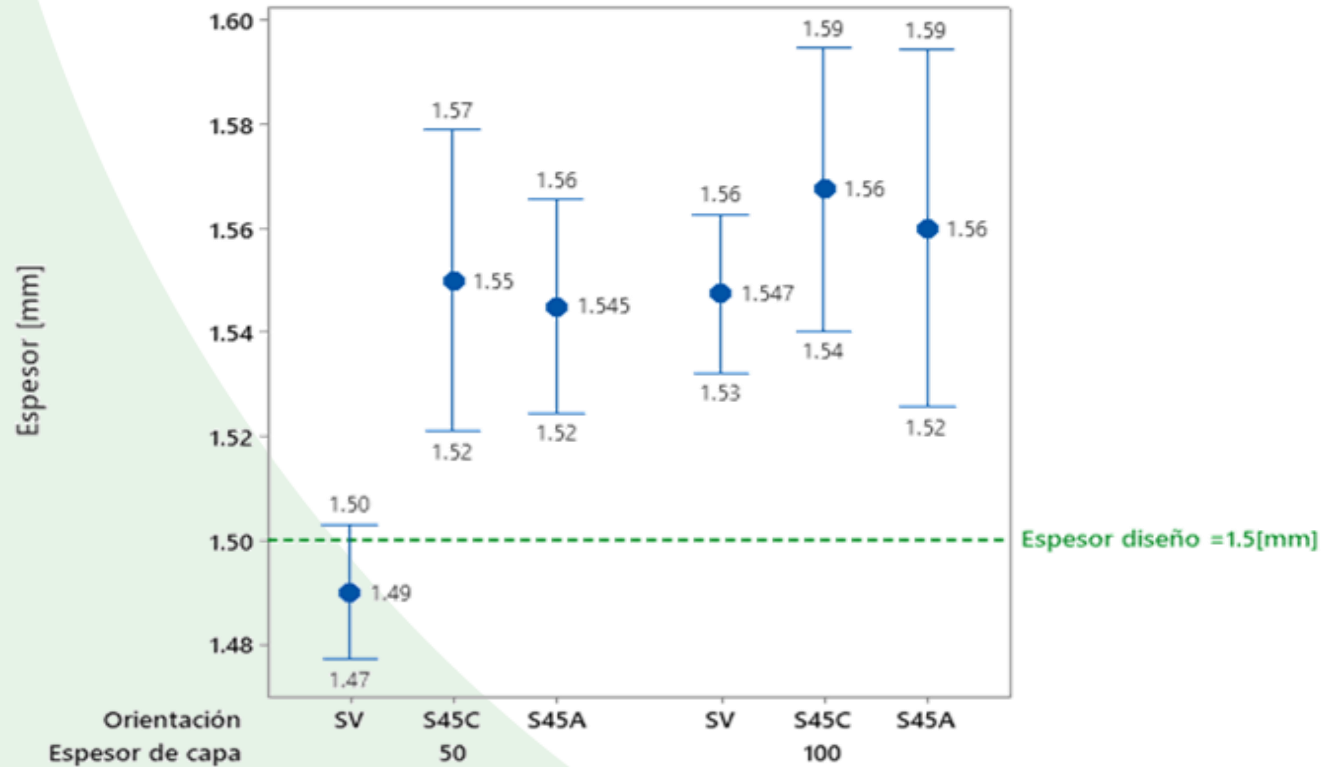
Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Resultados

Control dimensional



Factor: Orientación / espesor de capa

Probetas PMT: Tough 1500



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

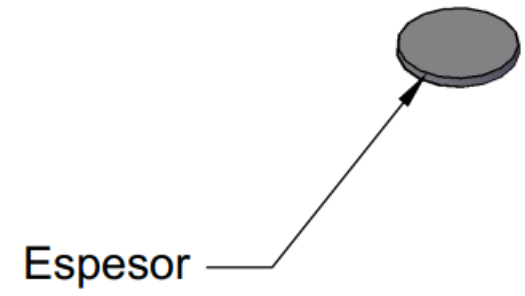
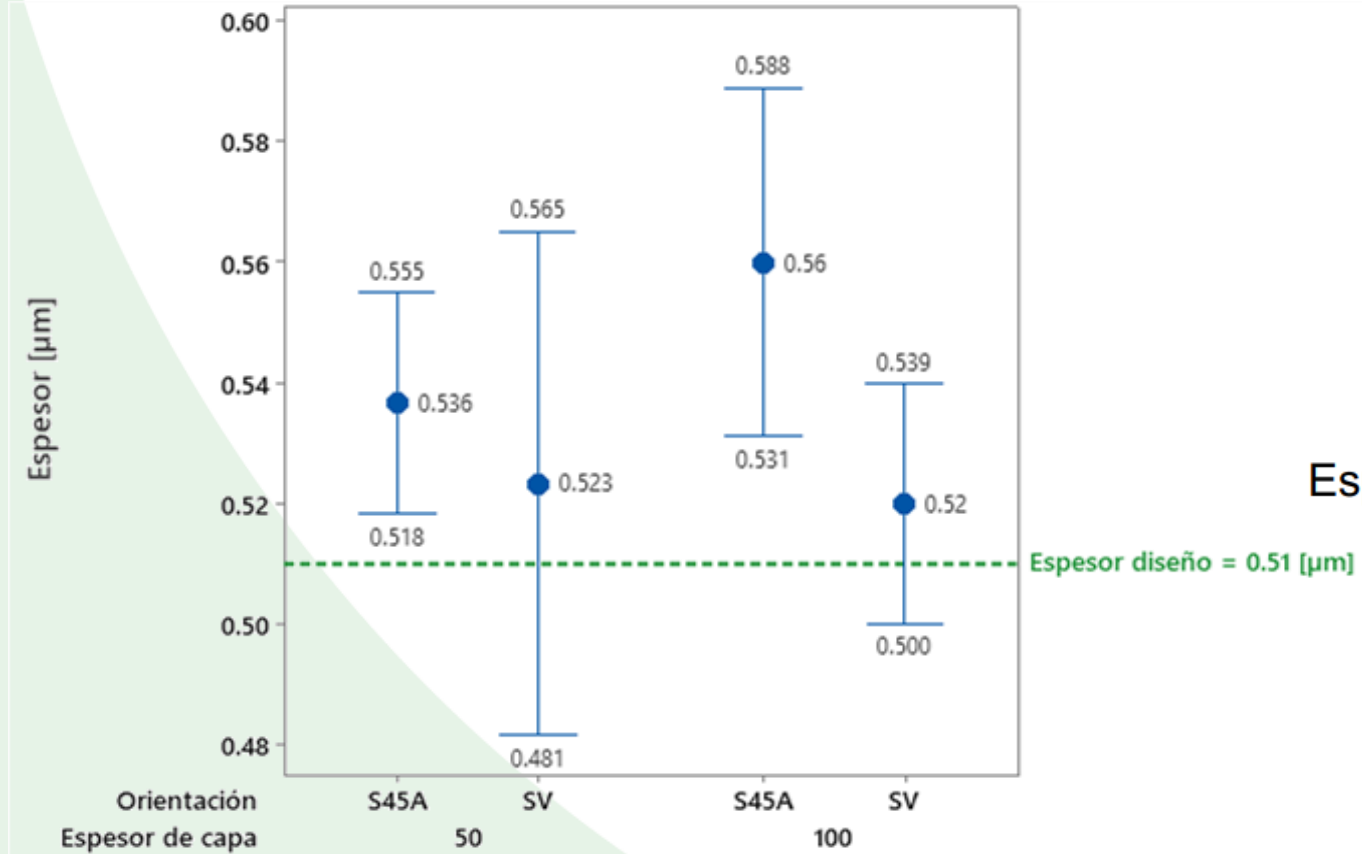
Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Resultados

Control dimensional



Factor: Orientación

Probetas PMP: Tough 1500



ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

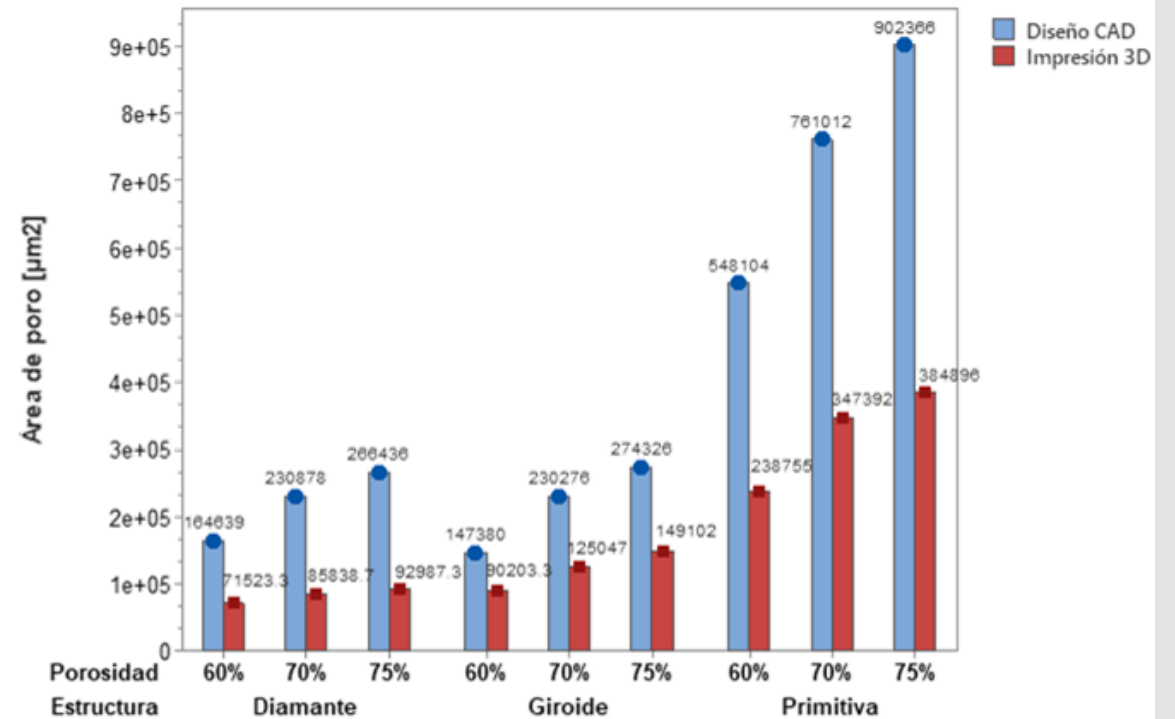
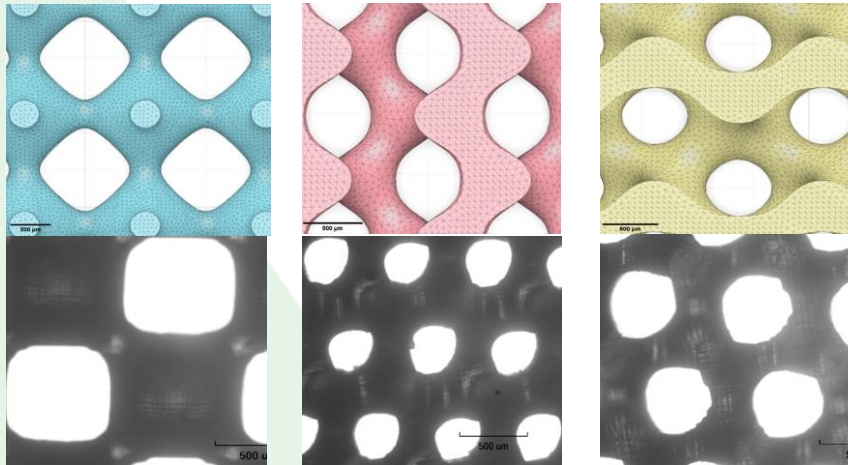
Resultados

Control dimensional

Primitiva

Giroide

Diamante



Probetas PA: Tough 1500



ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

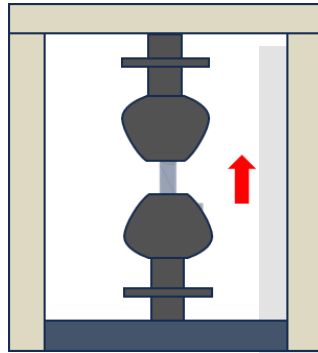
Revisión de la literatura

Metodología

Resultados y análisis

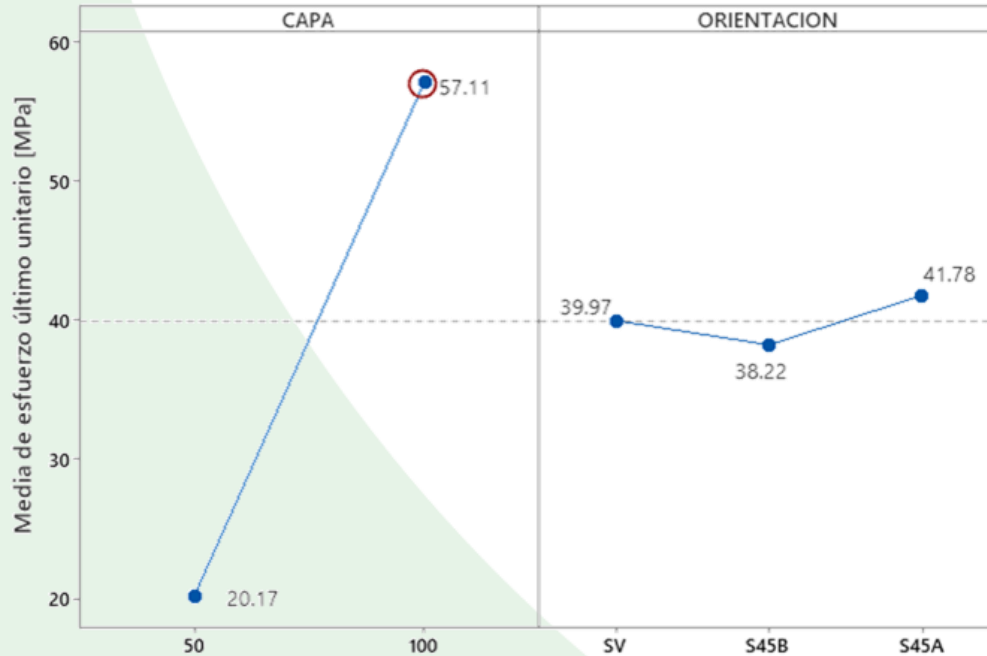
Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Resultados



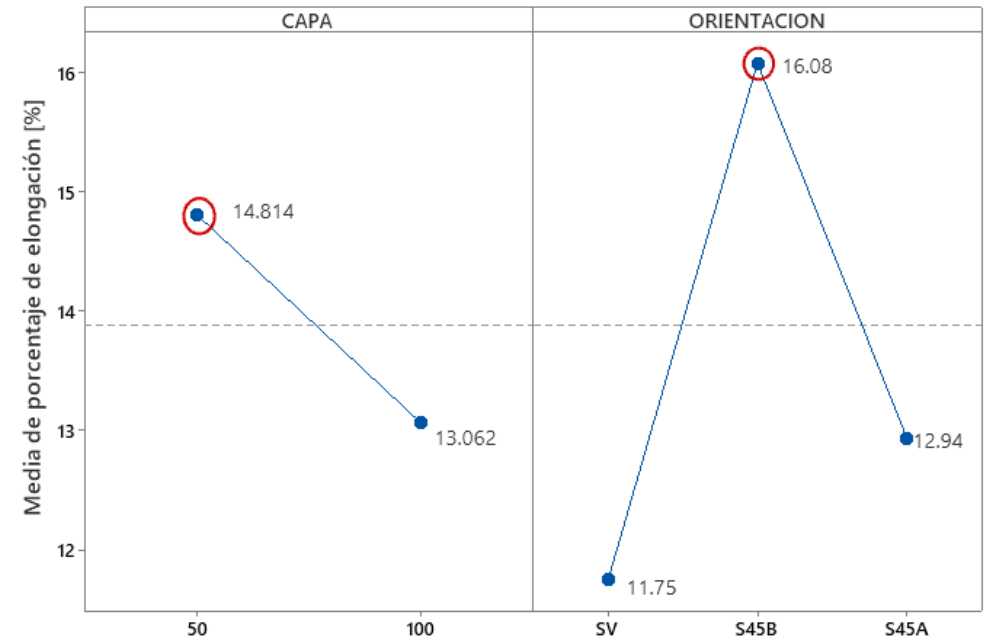
Ensayo de tracción

Esfuerzo último de tracción



73 MPa

Porcentaje de elongación



12.3%

Probetas PMT: BioMed Amber



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

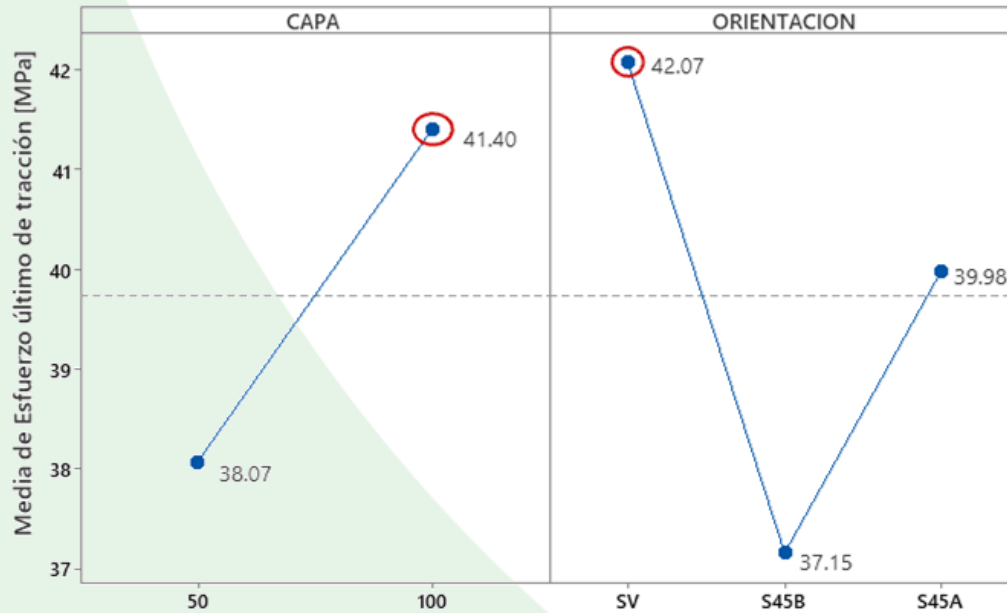
Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Resultados

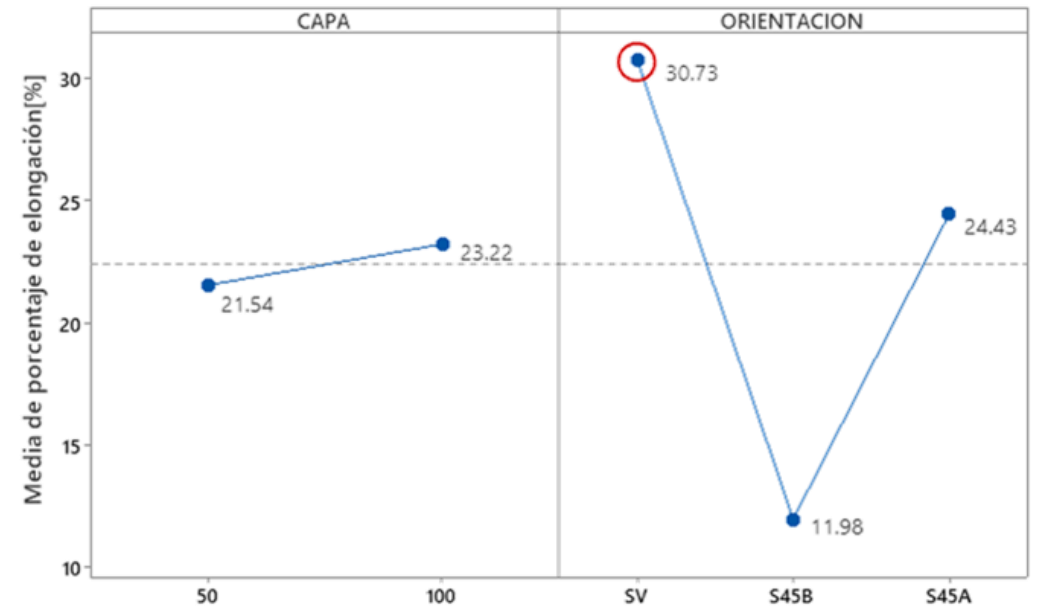
Ensayo de tracción

Esfuerzo último de tracción

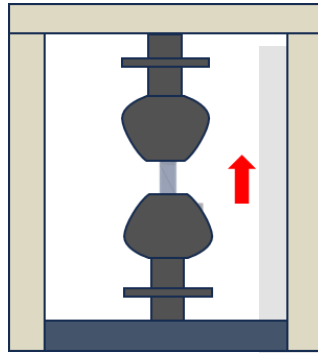


33 MPa

Porcentaje de elongación



51%



Probetas PMT: Tough 1500



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

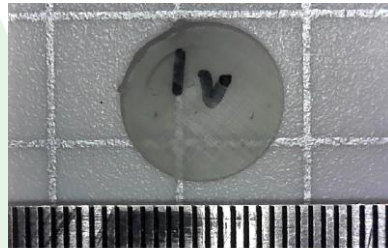
Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

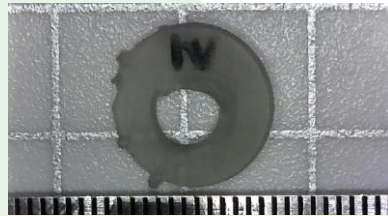
Resultados

Ensayo de micro perforado

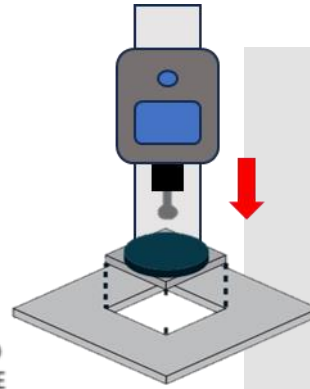
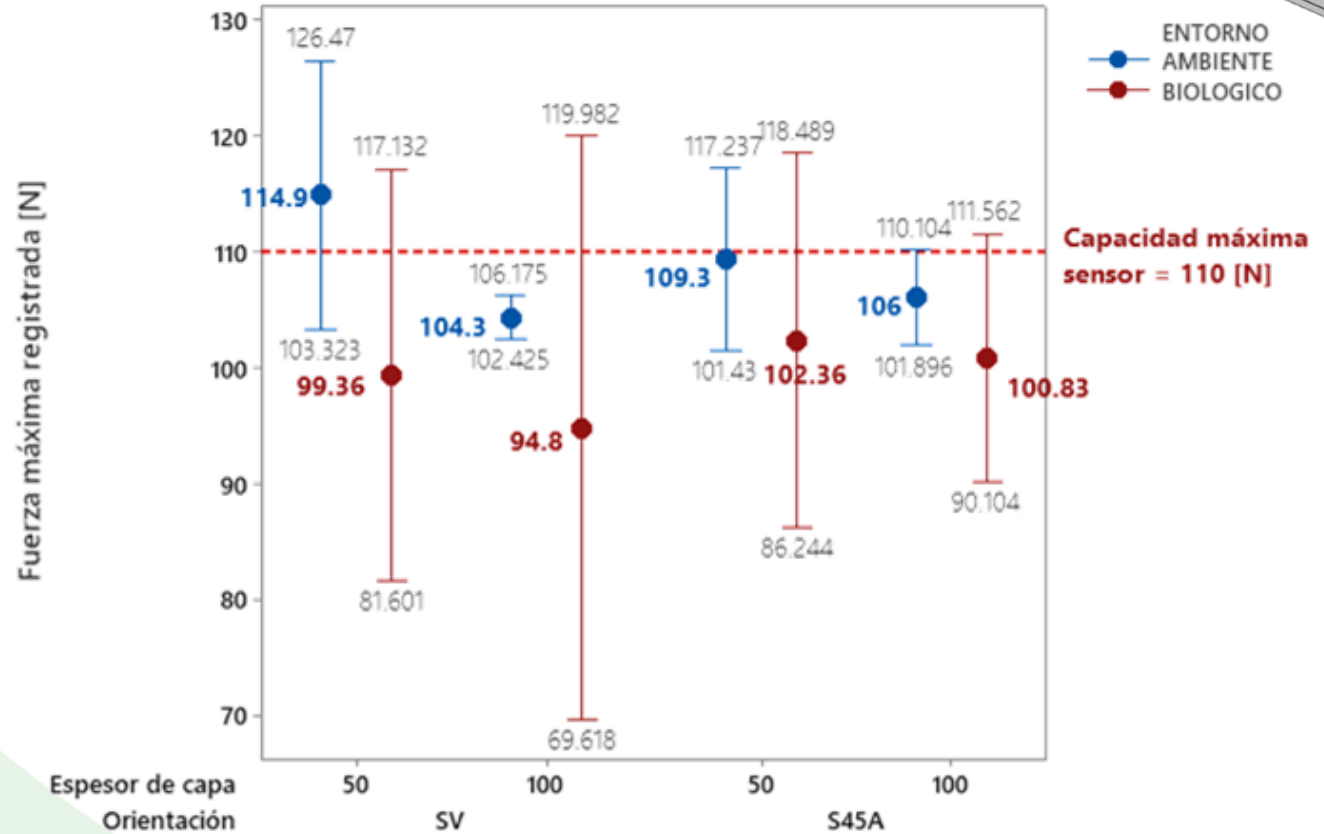
Fuerza máxima



Entorno ambiental



Entorno biológico



Probetas PMP: Tough 1500



ECUADOR
Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

Metodología

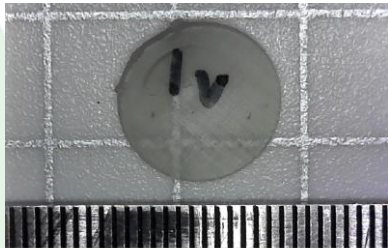
Resultados y
análisis

Conclusiones,
recomendaciones
y trabajos futuros

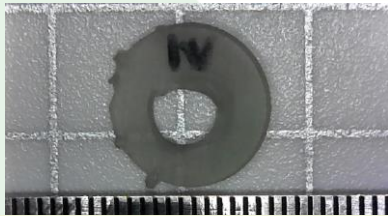
Resultados

Ensayo de micro perforado

Desplazamiento obtenido

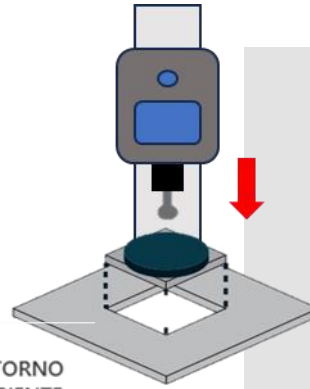
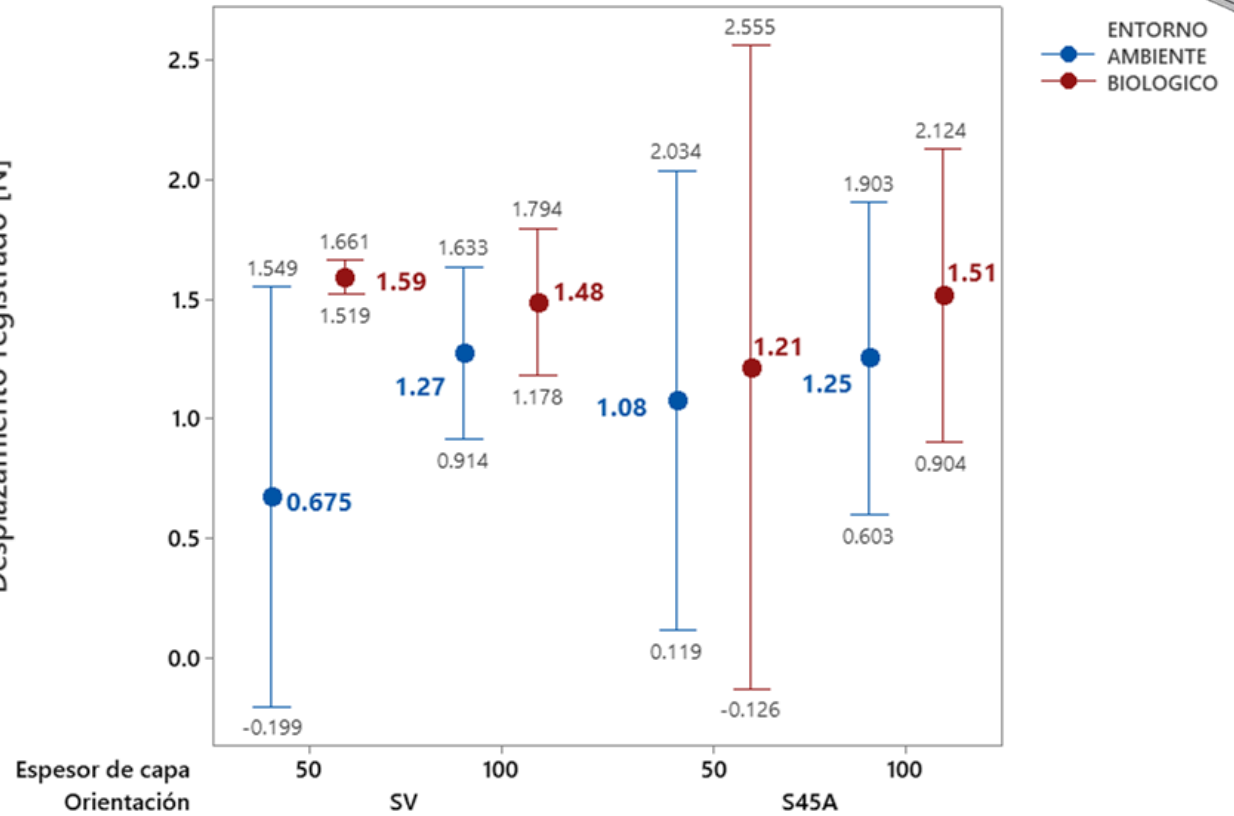


Entorno ambiental



Entorno biológico

Desplazamiento registrado [N]



Probetas PMP: Tough 1500



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

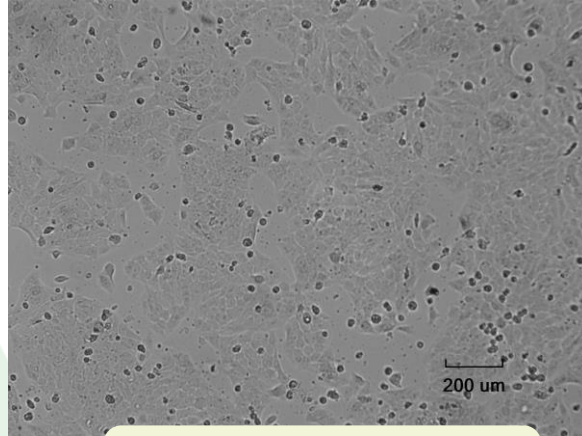
Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

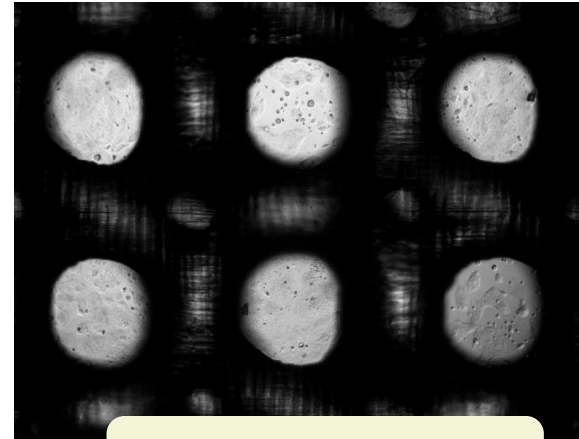
Resultados

Ensayo de adhesión celular

Inicio ensayo

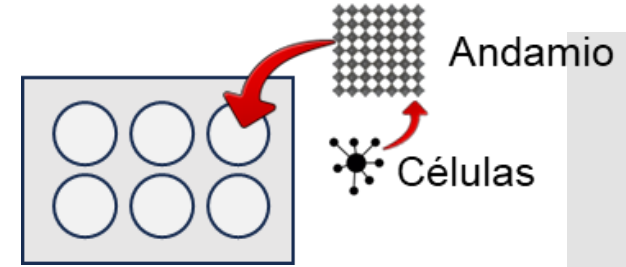
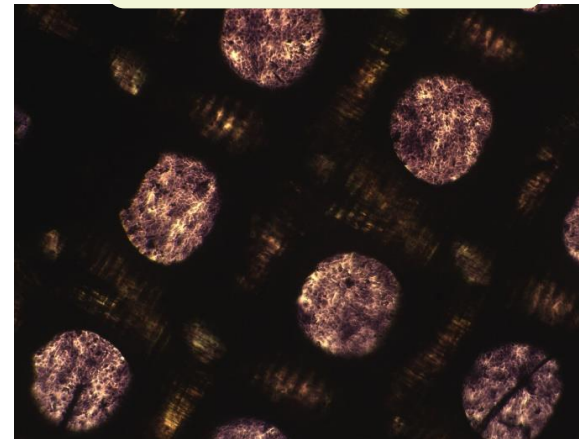
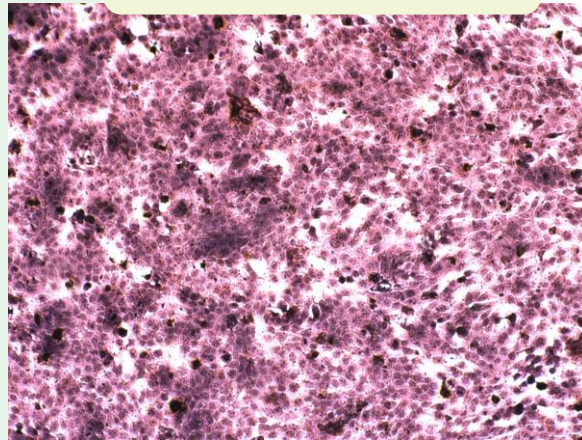


Control



Andamios

Fin ensayo



Células vs. Tiempo



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

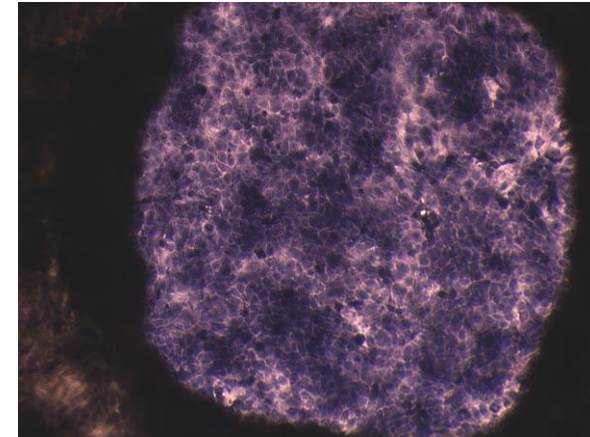
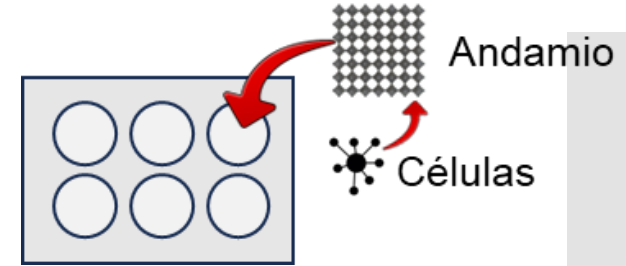
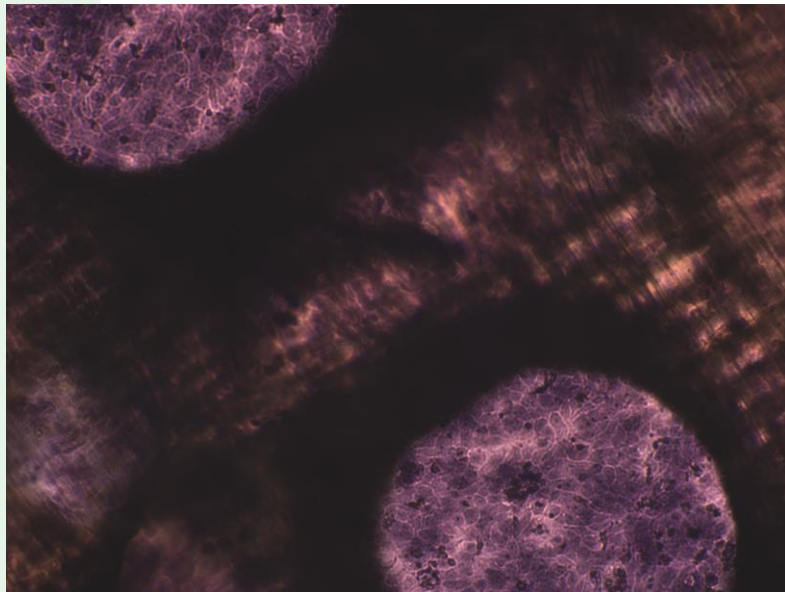
Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

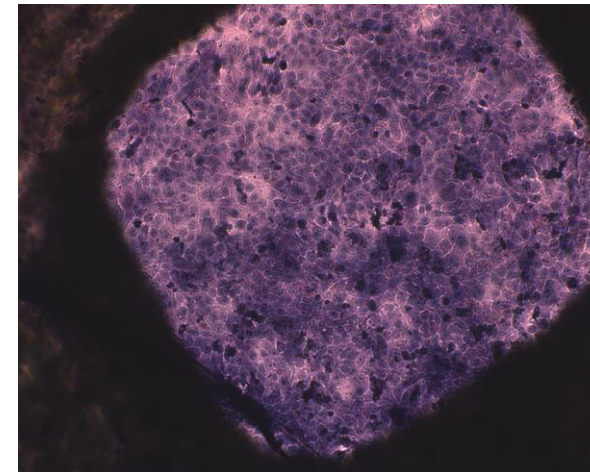
Resultados

Ensayo de adhesión celular

Andamio



Primitiva 75%



Primitiva 60%

Células vs. Tiempo



ECUADOR
Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

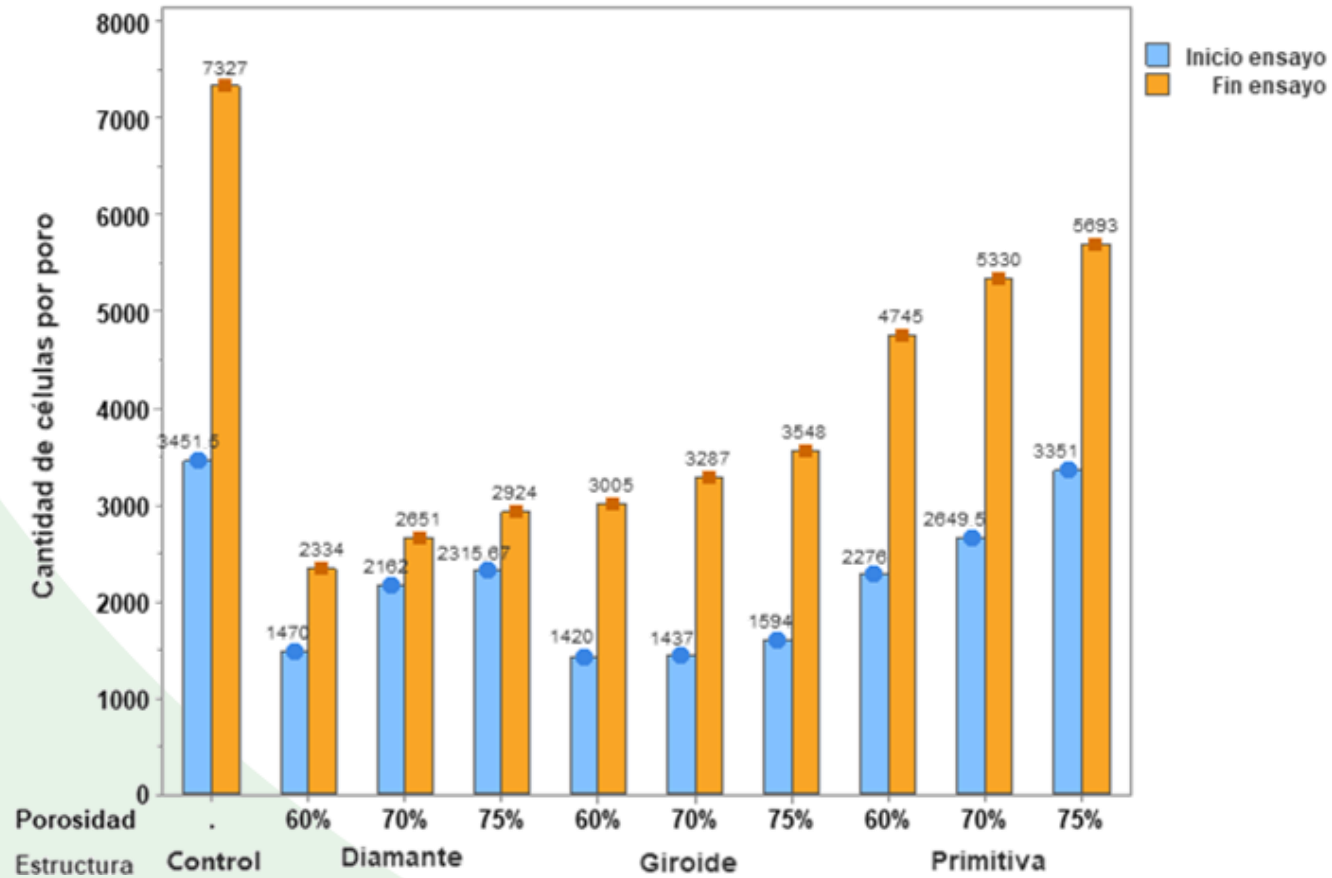
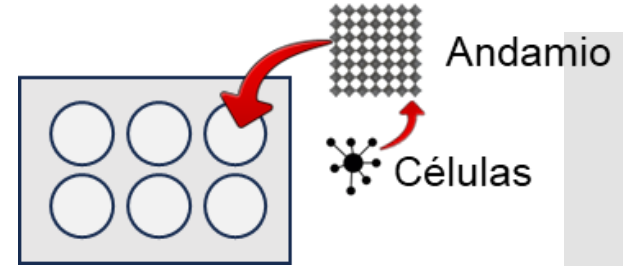
Metodología

Resultados y
análisis

Conclusiones,
recomendaciones
y trabajos futuros

Resultados

Ensayo de adhesión celular



Células vs. Tiempo



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

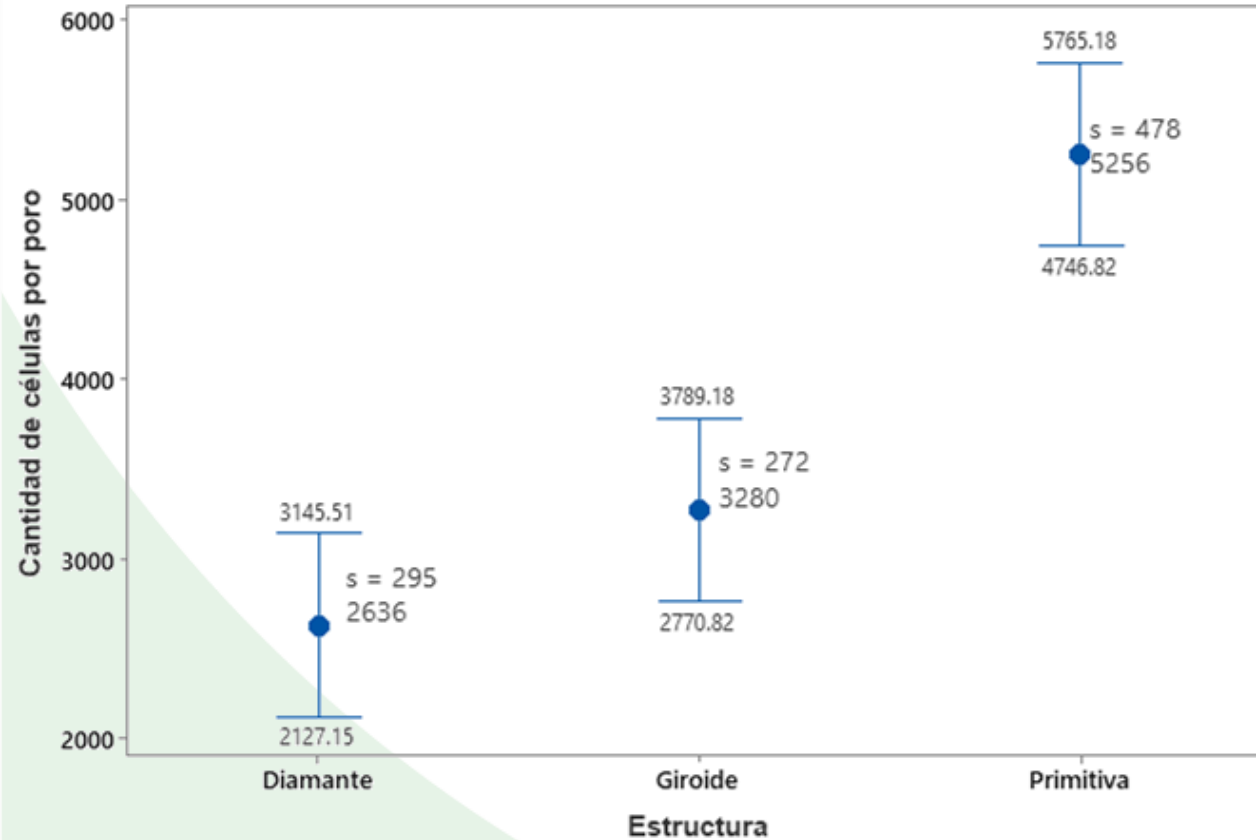
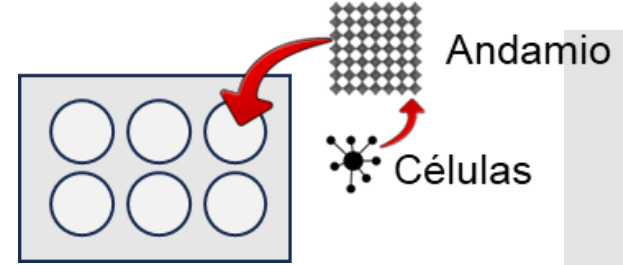
Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Resultados

Ensayo de adhesión celular



Células vs. Tiempo



ECUADOR
Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

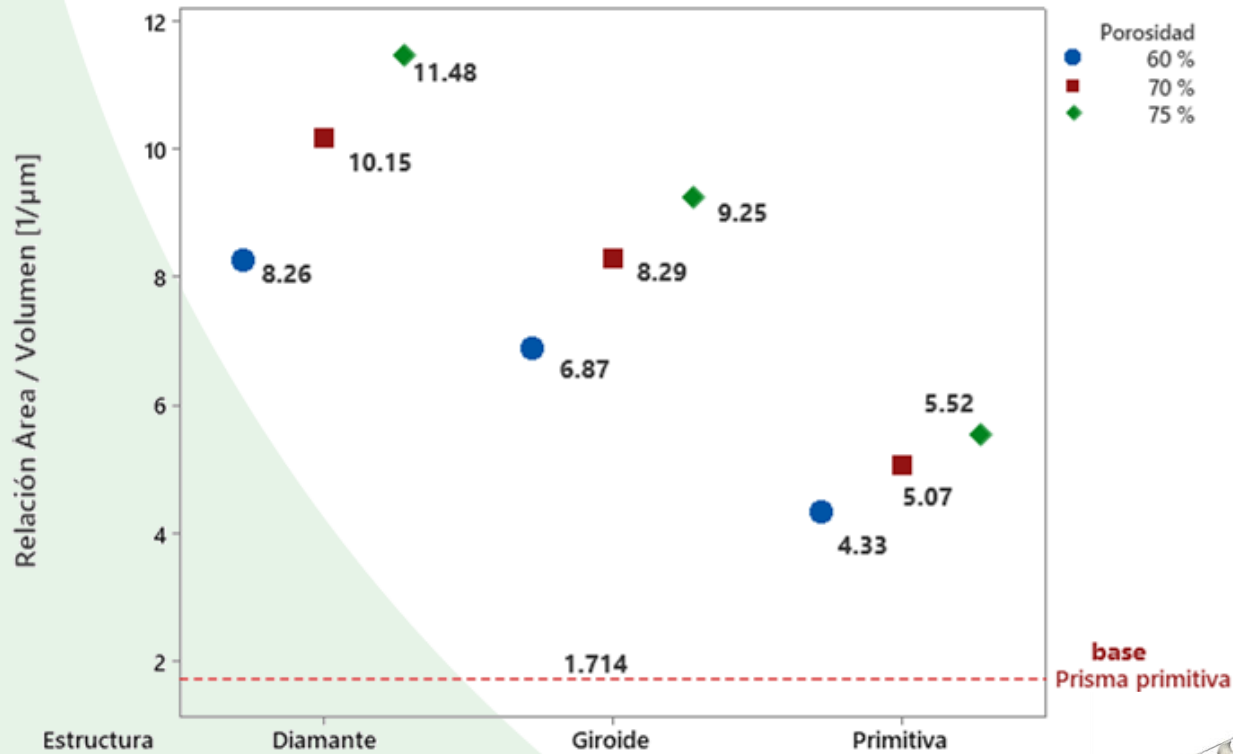
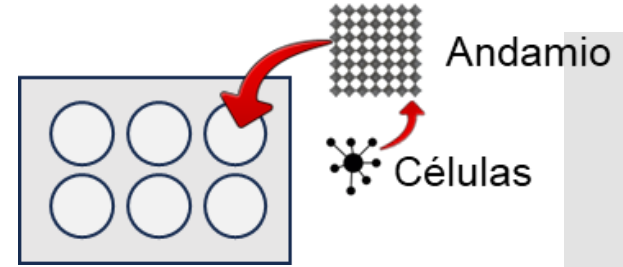
Metodología

Resultados y
análisis

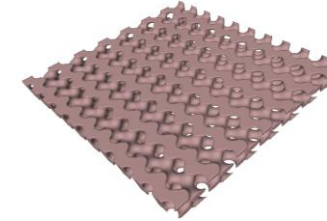
Conclusiones,
recomendaciones
y trabajos futuros

Resultados

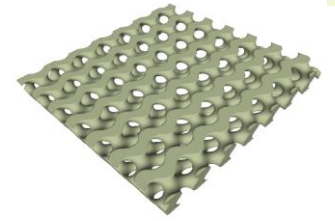
Ensayo de adhesión celular



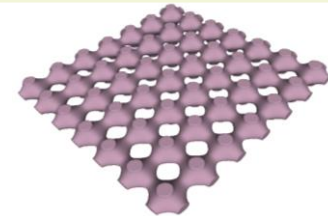
TPMS Diamante



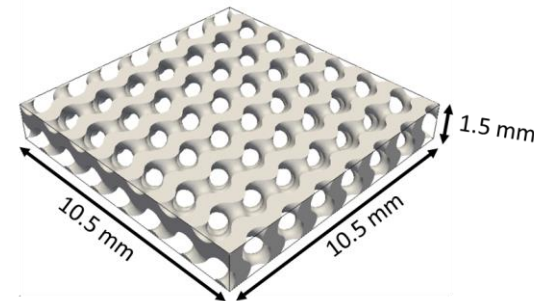
TPMS Giroide



TPMS Primitiva



base
Prisma primitiva



Relación área - volumen



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

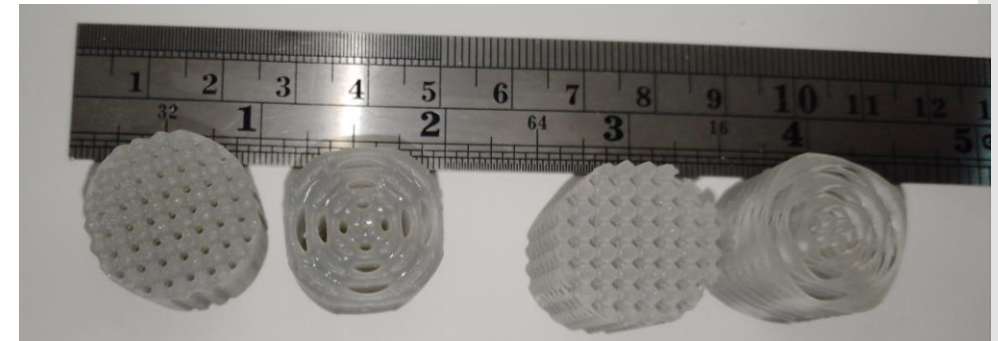
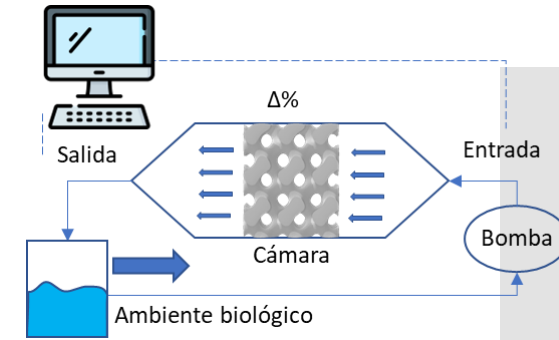
Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Resultados

Ensayo de permeabilidad

Estructura	Porosidad [%]	Sistema coordenado	Coefficiente Darcy [m2]
Diamante	60	Cilíndrico	1.37e-5
		Rectangular	1.35e-5
	75	Cilíndrico	3.17e-5
		Rectangular	2.02e-5
Giroide	60	Cilíndrico	1.44e-5
		Rectangular	1.19e-5
	75	Cilíndrico	1.39e-5
		Rectangular	1.16e-5
Primitiva	60	Cilíndrico	1.64e-5
		Rectangular	1.20e-5
	75	Cilíndrico	3.72e-5
		Rectangular	1.28e-5



Coeficiente de Darcy



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

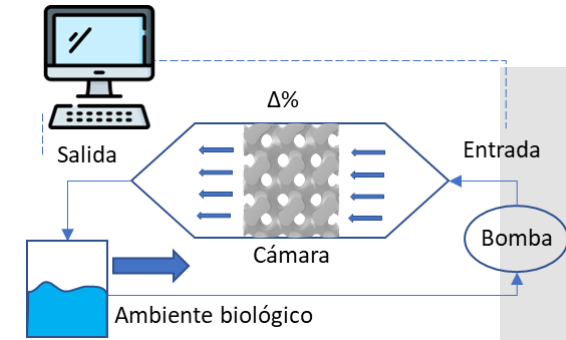
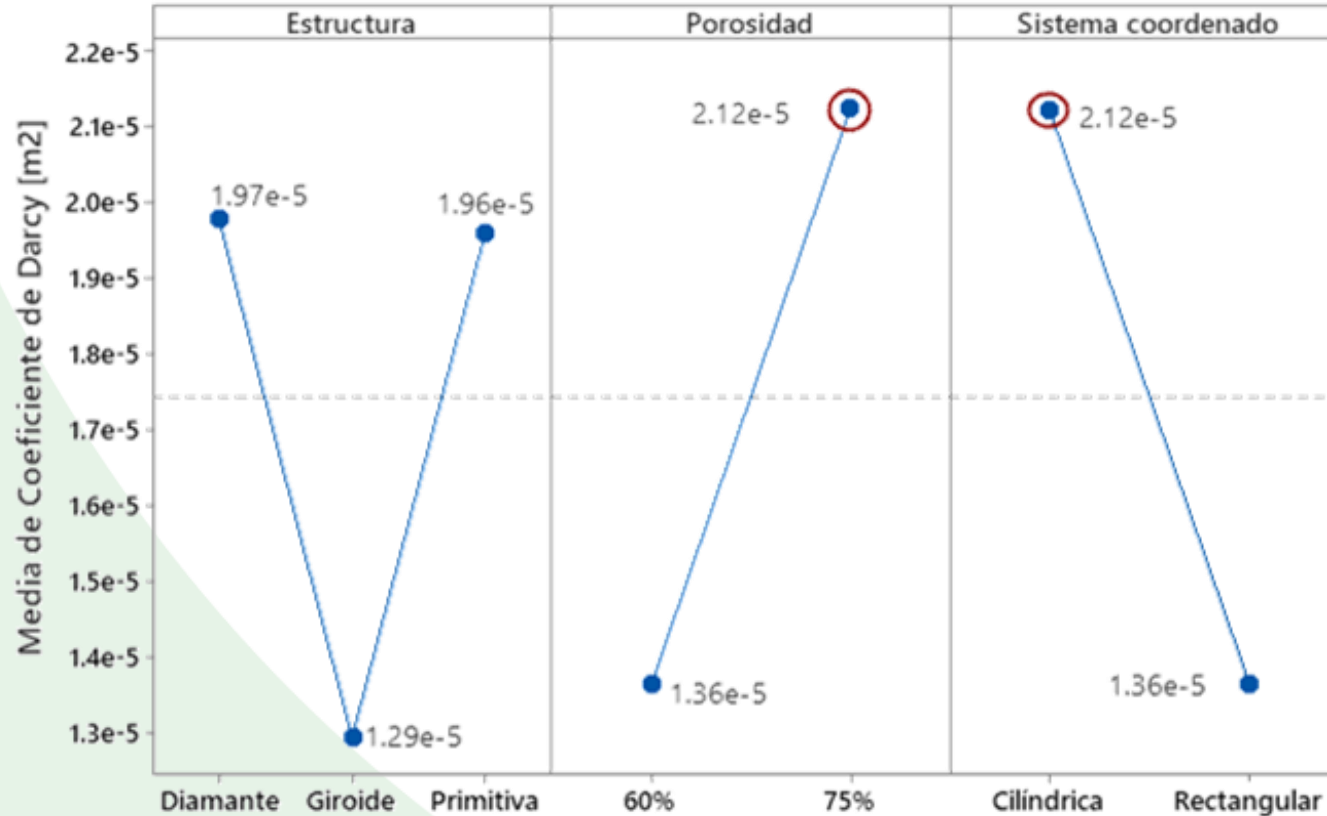
Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Resultados

Ensayo de permeabilidad



Coeficiente de Darcy



ECUADOR

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

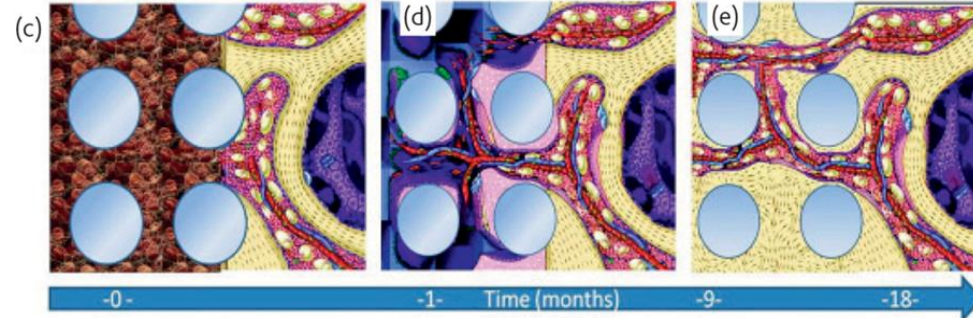
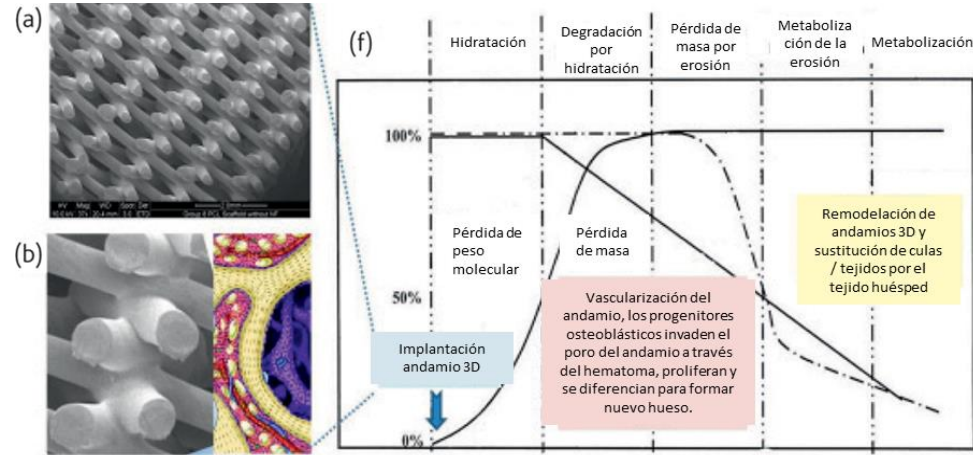
Metodología

Resultados y análisis

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

Discusión final

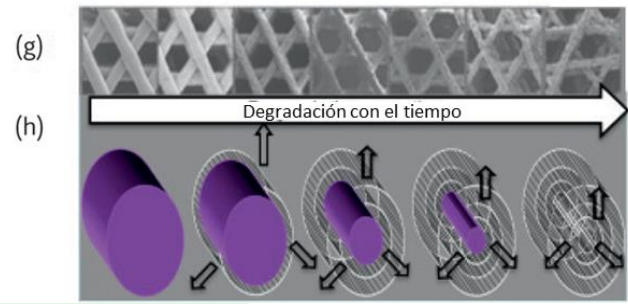
Degradación del andamio



Se forma un hematoma alrededor del andamio a las pocas horas de su implantación

Al cabo de varias semanas el andamio se vasculariza

Al cabo de varios meses, se forma hueso nuevo alrededor del andamio, con formación osteótica y vascularización características.



(“Woodruff, 2012)



Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

Metodología

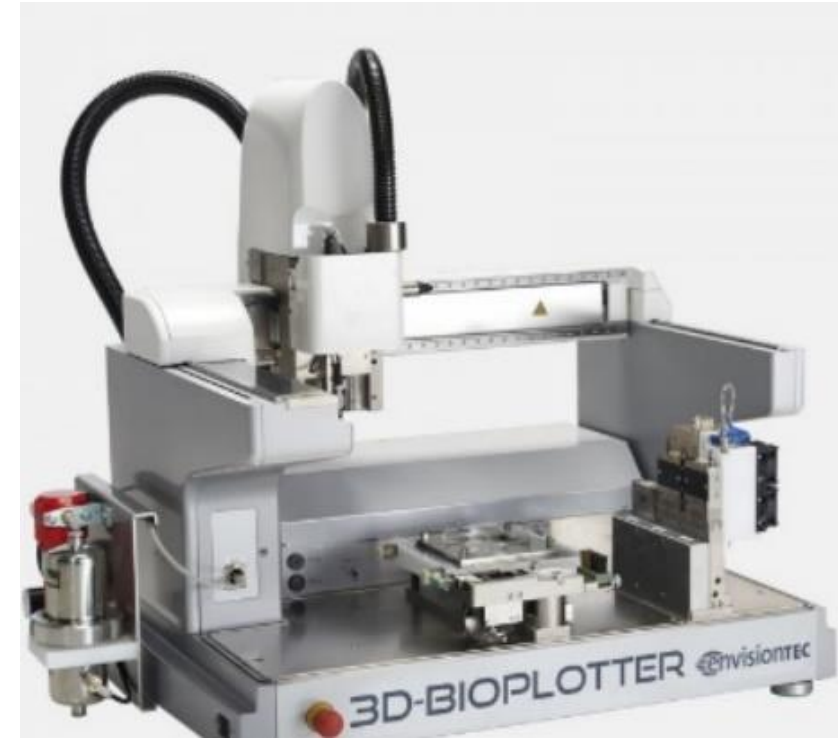
Resultados y
análisis

Conclusiones,
recomendaciones
y trabajos futuros

Discusión final



Robot Da Vinci



Bioplotter

(“Cirugía Robótica Da Vinci”, 2015; EnvisionTEC, s.f.,)



Conclusiones

Objetivos

Antecedentes y
Justificación

Metodología

Diseño y
construcción

Pruebas y
resultados

Conclusiones,
recomendaciones
y trabajos futuros

- Las diversas pruebas de impresión han permitido identificar la metodología requerida para obtener andamios sin defectos.
- Los resultados obtenidos para la caracterización de las resinas están relacionados con los parámetros de impresión y diseño en la respuesta mecánica y biológica.
- La orientación de impresión es considerable en muchos ensayos, por consiguiente demuestra la anisotropía de las partes impresas.
- La prueba de concepto implementada para el desarrollo del ensayo de permeabilidad permitió observar el comportamiento de las probetas bajo parámetros de impresión.



Recomendaciones

Objetivos

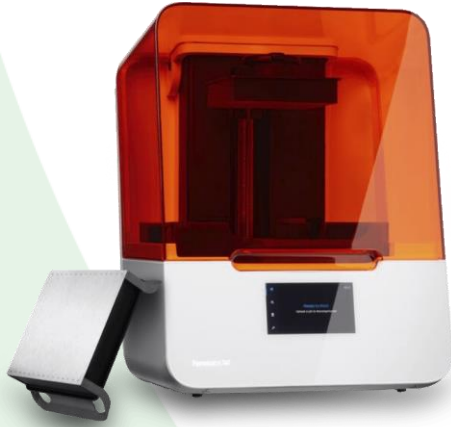
Antecedentes y Justificación

Metodología

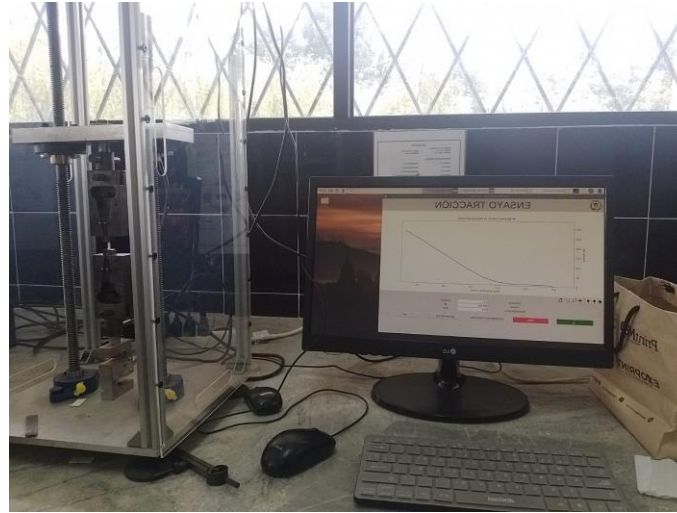
Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros



Adquisición de nuevos materiales y equipos



Calibración de máquinas y difusión de disponibilidad de máquinas



Interactuar con otros campos de investigación

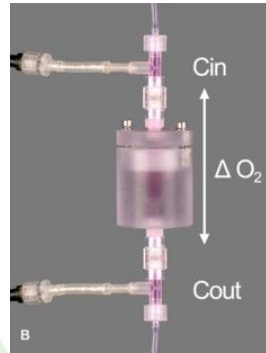
(FormLabs, 2022; Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, s/f)



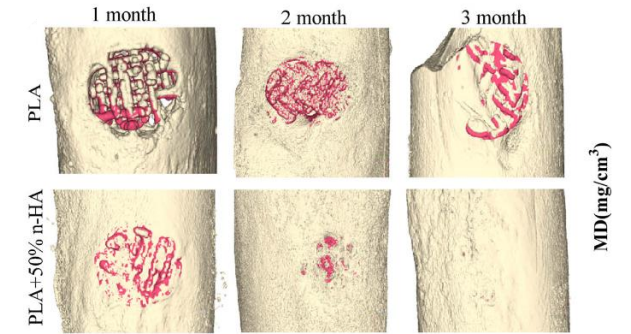
Trabajos futuros

Objetivos

Biorreactor de perfusión con células



Implantación del andamio en un hueso



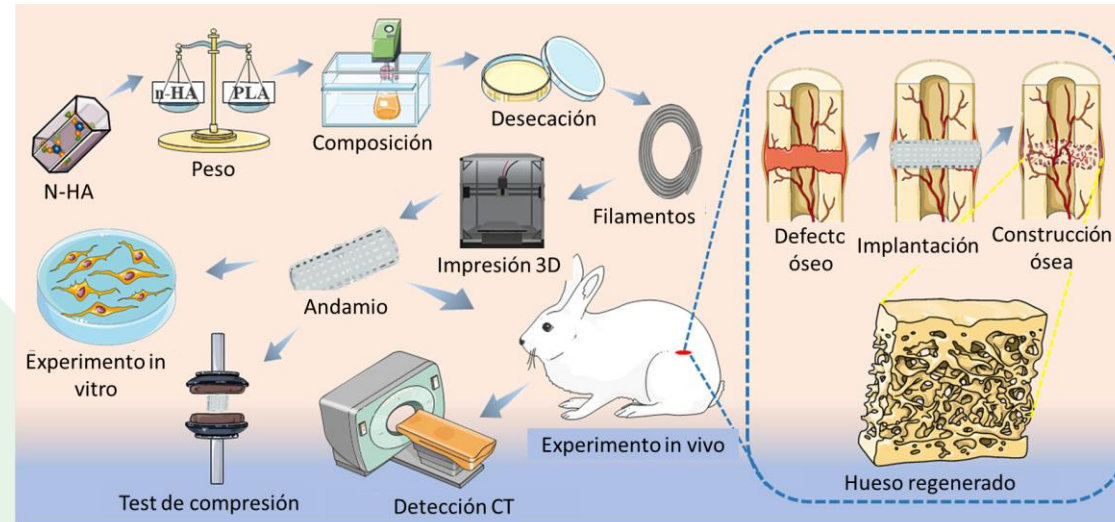
Antecedentes y Justificación

Generación de ensayos in vivo con la normativa bioética vigente

Metodología

Diseño y construcción

Pruebas y resultados



Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

(Santoro et al., s/f, Pattanayak et al., 2023, Wang et al., 2021)



Referencias

- Arjona Rodríguez, J. E. (2021). Caracterización de estructuras celulares TPMS manufacturadas aditivamente para aplicaciones de absorción de energía [Universidad de los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/55465>
- Bandyopadhyay, A., & Bose, S. (2013). Characterization of Biomaterials. Newnes.
- Cirugía Robótica Da Vinci. (2015, junio 17). iCirugiaRobotica. <http://www.icirugiarobotica.com/cirugia-robotica-da-vinci/>
- Filament2D. (2020). La importancia de la isotropía en la impresión 3D. https://filament2print.com/es/blog/91_isotropia-impresion-3d.html
- FormLabs. (2022). Software de impresión 3D PreForm: Prepara tus modelos para la impresión. Formlabs. <https://formlabs.com/latam/software/>
- Munteanu, C., Vioara, M., Răducu, C., Andrada, I., Uiuu, P., Pop, D., Neacșu, A., Cenariu, M., & Groza, I. (2021). Can Cultured Meat Be an Alternative to Farm Animal Production for a Sustainable and Healthier Lifestyle? *Frontiers in Nutrition*, 8, 749298. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.749298>
- O'Brien, F. J. (2011). Biomaterials & scaffolds for tissue engineering. *Materials Today*, 14(3), 88–95. [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(11\)70058-X](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(11)70058-X)



Referencias

- Pattanayak, I., Alex, Y., & Mohanty, S. (2023). Advancing strategies towards the development of tissue engineering scaffolds: A review. *Journal of Materials Science*, 58(32), 12847–12898. <https://doi.org/10.1007/s10853-023-08798-5>
- Raeisdasteh Hokmabad, V., Davaran, S., Ramazani, A., & Salehi, R. (2017). Design and fabrication of porous biodegradable scaffolds: A strategy for tissue engineering. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 28(16), 1797–1825. <https://doi.org/10.1080/09205063.2017.1354674>
- Santoro, R., Pippenger, B., Martin, I., & Wendt, D. (s/f). Perfusion Culture of Cell-seeded 3D Scaffolds for Tissue Engineering. Recuperado el 14 de noviembre de 2022, de <https://www.presens.de/knowledge/publications/application-note/perfusion-culture-of-cell-seeded-3d-scaffolds-for-tissue-engineering-572>
- Servier. (s/f). Smart Servier Medical Art. Recuperado el 30 de agosto de 2023, de https://smart.servier.com/smart_image/smart-bone-growth/
- Umaña, J. (2022). Nuevo equipo para secuenciar genomas con tecnología de nanoporos impulsa la investigación científica | Hoy en el TEC. <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2022/03/02/nuevo-equipo-secuenciar-genomas-tecnologia-nanoporos-impulsa-investigacion-cientifica>
- Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. (s/f). Grupos de Investigación. ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA. Recuperado el 31 de agosto de 2023, de <https://deee-el.espe.edu.ec/grupos-de-investigacion/>



**Gracias por su
atención**