

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de Ingeniera en Mecatrónica

Caracterización de las fotoresinas que serán usadas como matrices de fabricación para los intercambiadores de calor compactos.

Autora:

Vallejo Bustamante María José

Director:

Ing. Hernán Vinicio Lara Padilla, PhD.





CONTENIDO

- Antecedentes y Justificación
- Objetivos
- Revisión de la literatura
- Metodología
- Análisis de Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Trabajo futuro

Antecedentes y Justificación

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

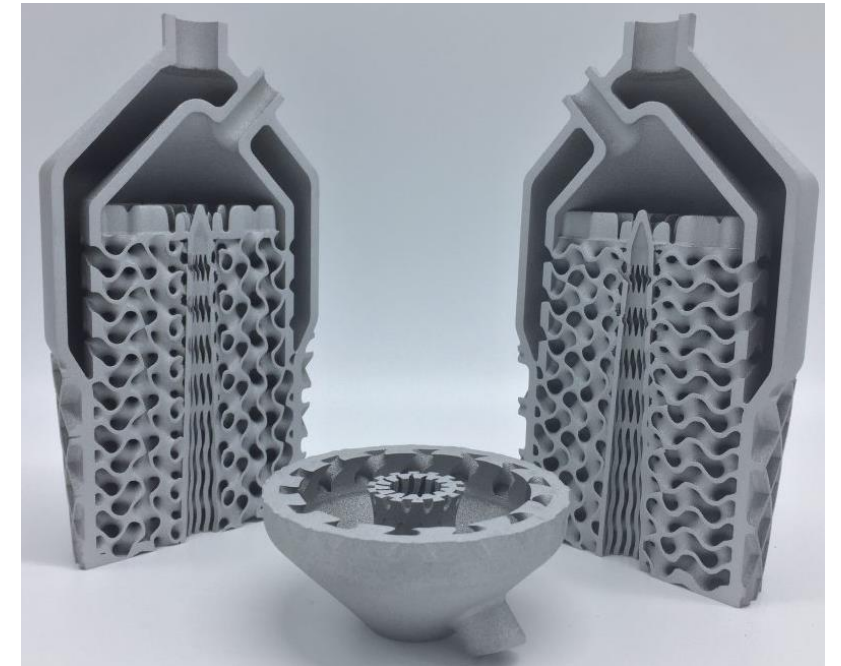
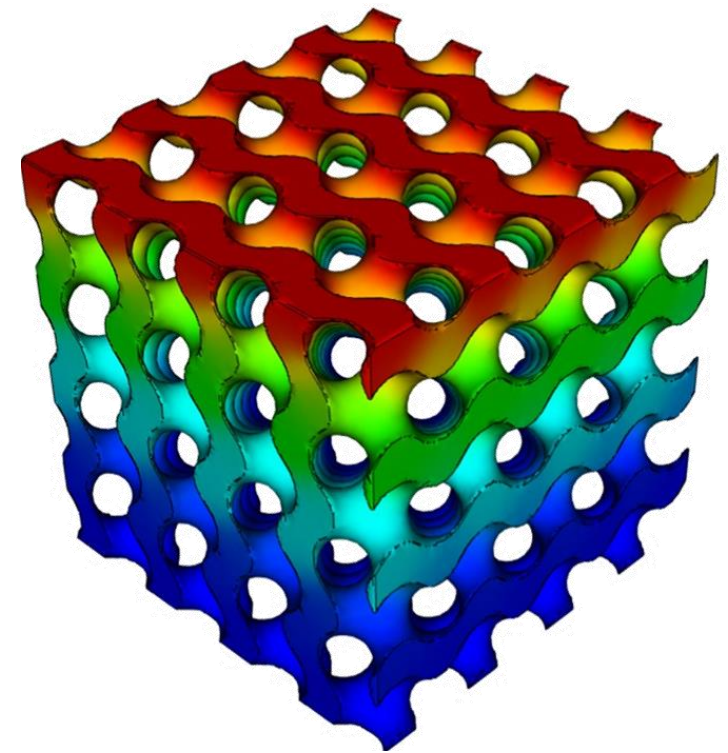
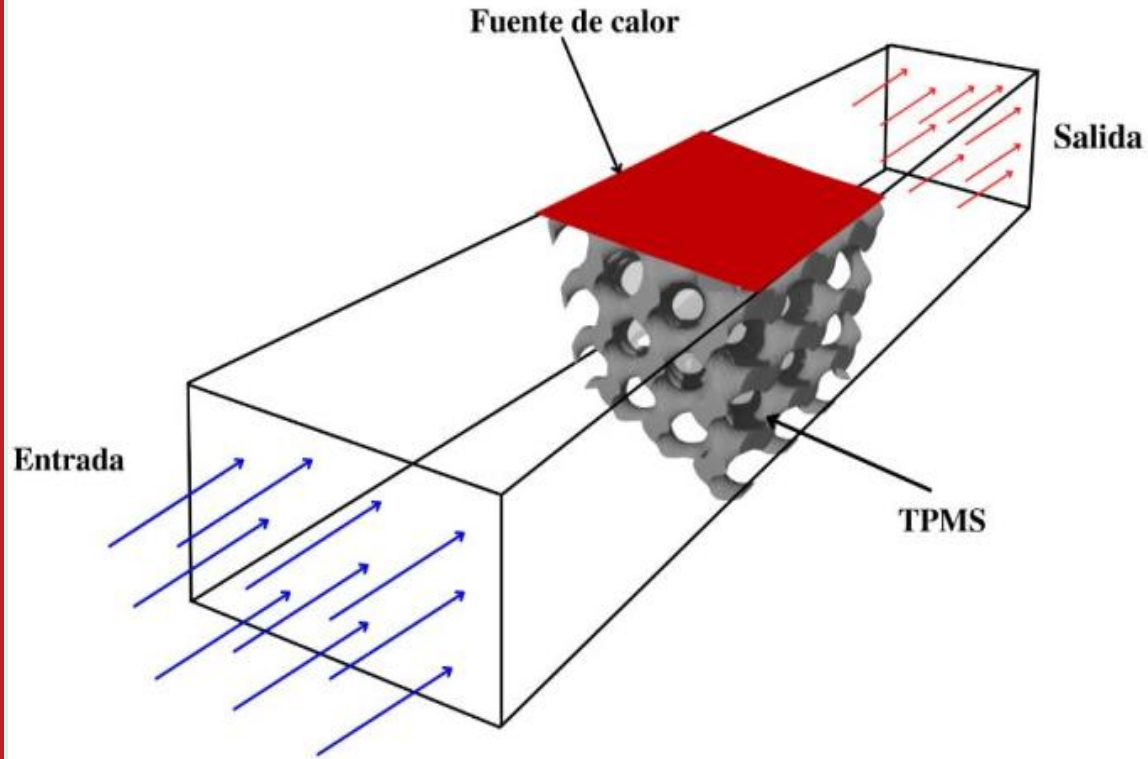
Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro



Intercambiadores de calor impresos en 3D

(nTopology, Inc., 2022)

Antecedentes y Justificación

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

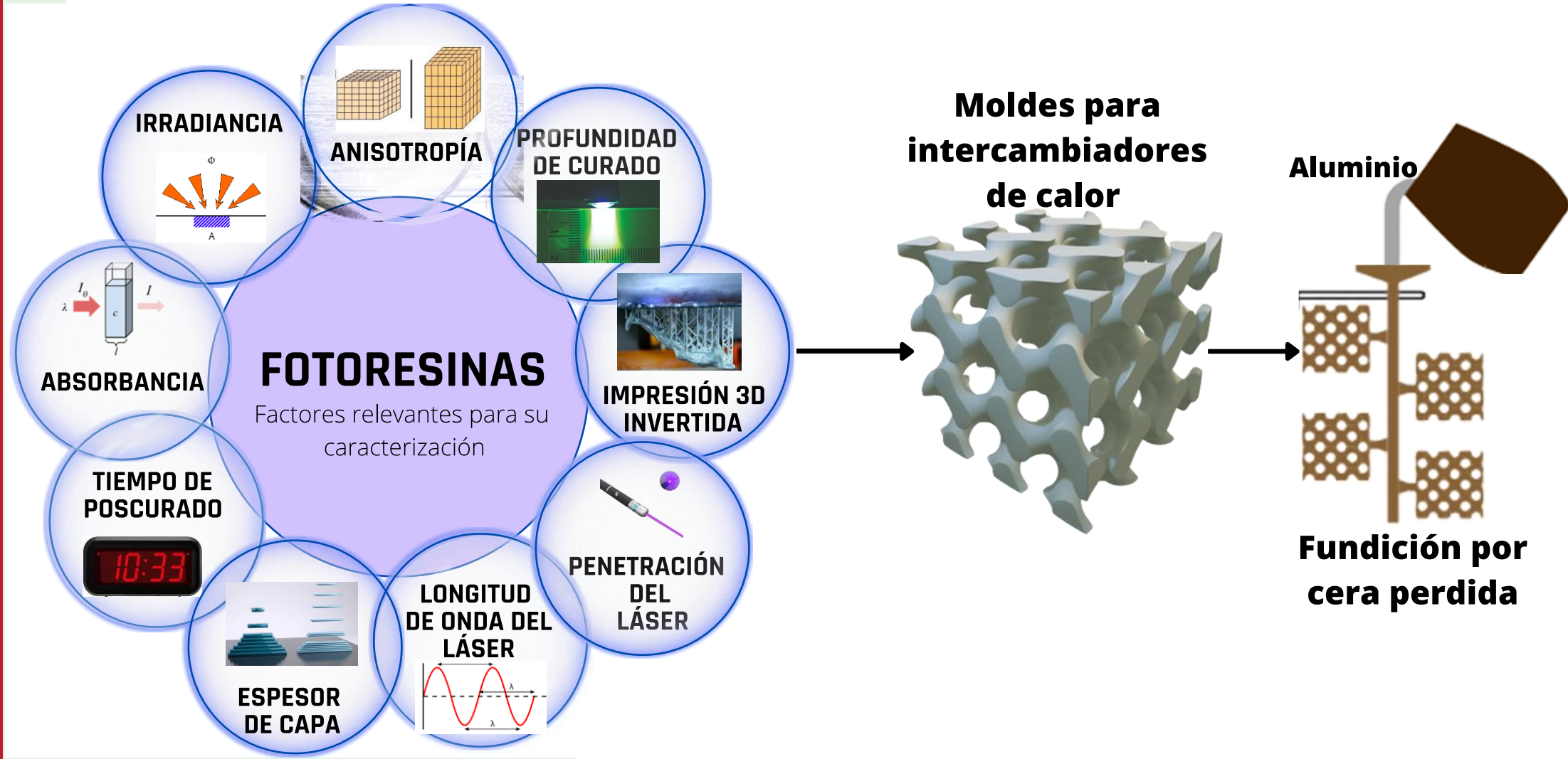
Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro



Antecedentes y Justificación

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

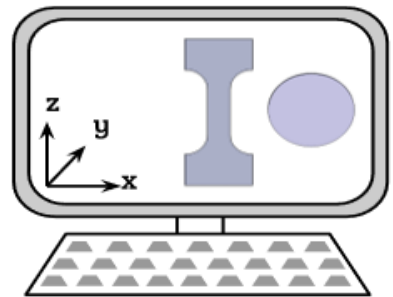
Conclusiones

Recomendaciones

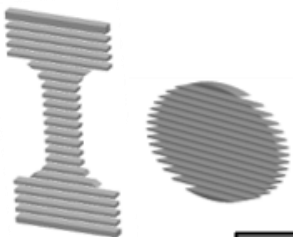
Trabajo futuro

Capacidades deseadas	Objetivo
Predicción de piezas	Modelos predictivos
Parámetros de procesamiento y caracterización	Técnicas de análisis
Sostenibilidad y seguridad del ciclo de vida	Reutilización de polímeros
Caracterización y diseño de materiales	Funcionalidades complementarias
Procesamiento de materiales	Competitividad

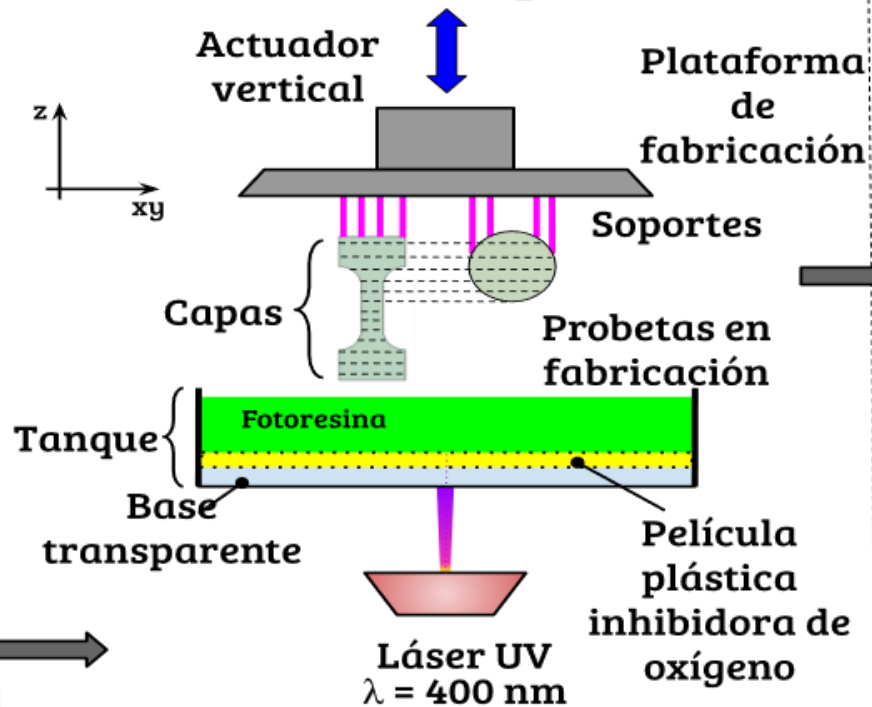
Diseño de microprobetas



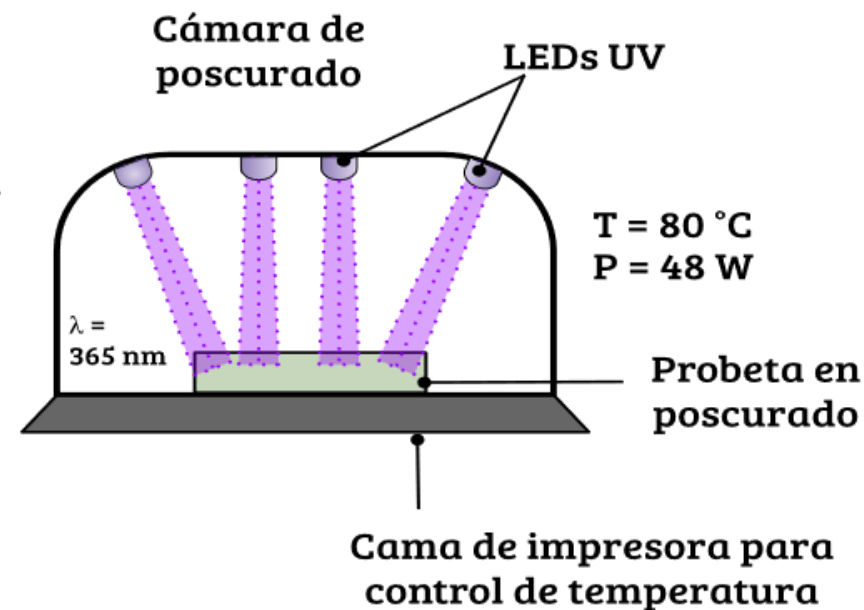
Generación de capas con espesor z



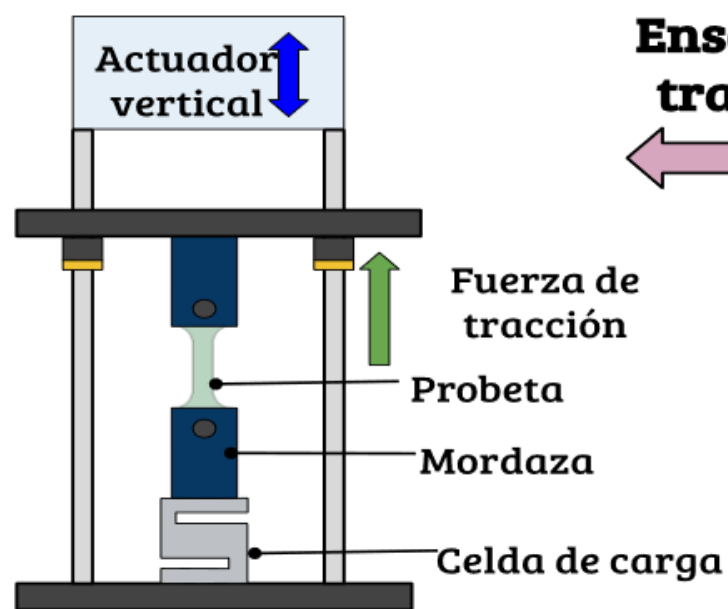
Fabricación de probetas



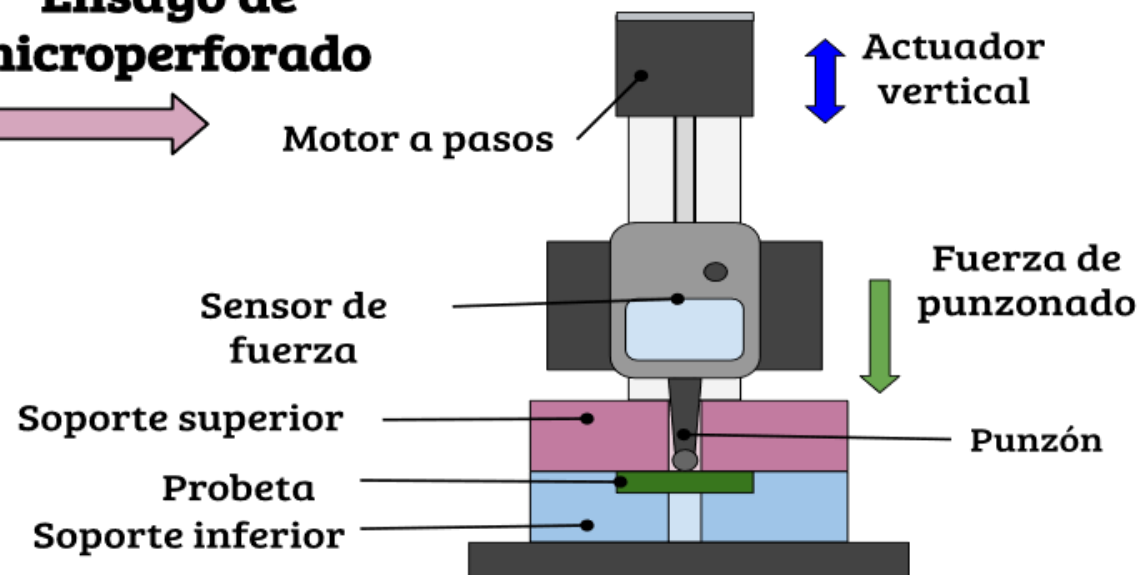
Posprocesado



Ensayo de tracción



Ensayo de microperforado



ENSAYOS

Antecedentes y
Justificación

Objetivos

Alcance

Objetivos

General

Revisión de la
literatura

Caracterizar las fotoresinas que serán usadas como matrices de fabricación para los intercambiadores de calor compactos.

Metodología

Análisis de
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Objetivos

Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

Metodología

Análisis de
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Específicos

- Investigar las propiedades mecánicas y energéticas consideradas críticas para la caracterización de fotoresinas impresas mediante estereolitografía.
- Diseñar y fabricar las probetas que se usarán para la caracterización de las fotoresinas de acuerdo con recomendaciones de organismos regulatorios.
- Diseñar y fabricar un sistema de caracterización para fotopolímeros impresos mediante estereolitografía.
- Validar el sistema de caracterización a través de técnicas experimentales.

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

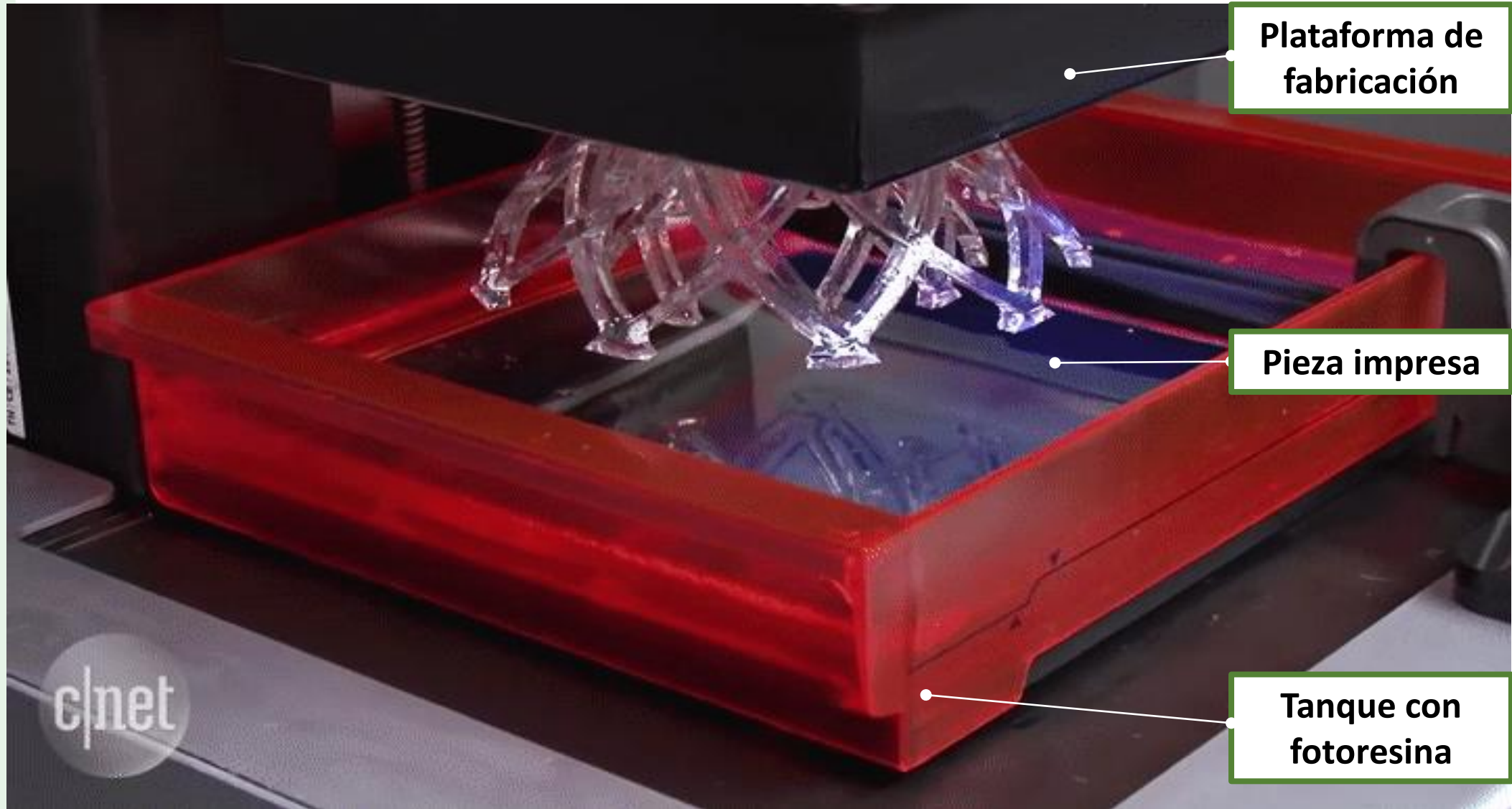
Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Impresión 3D por estereolitografía (SLA)



(Sculpteo, 2022)

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

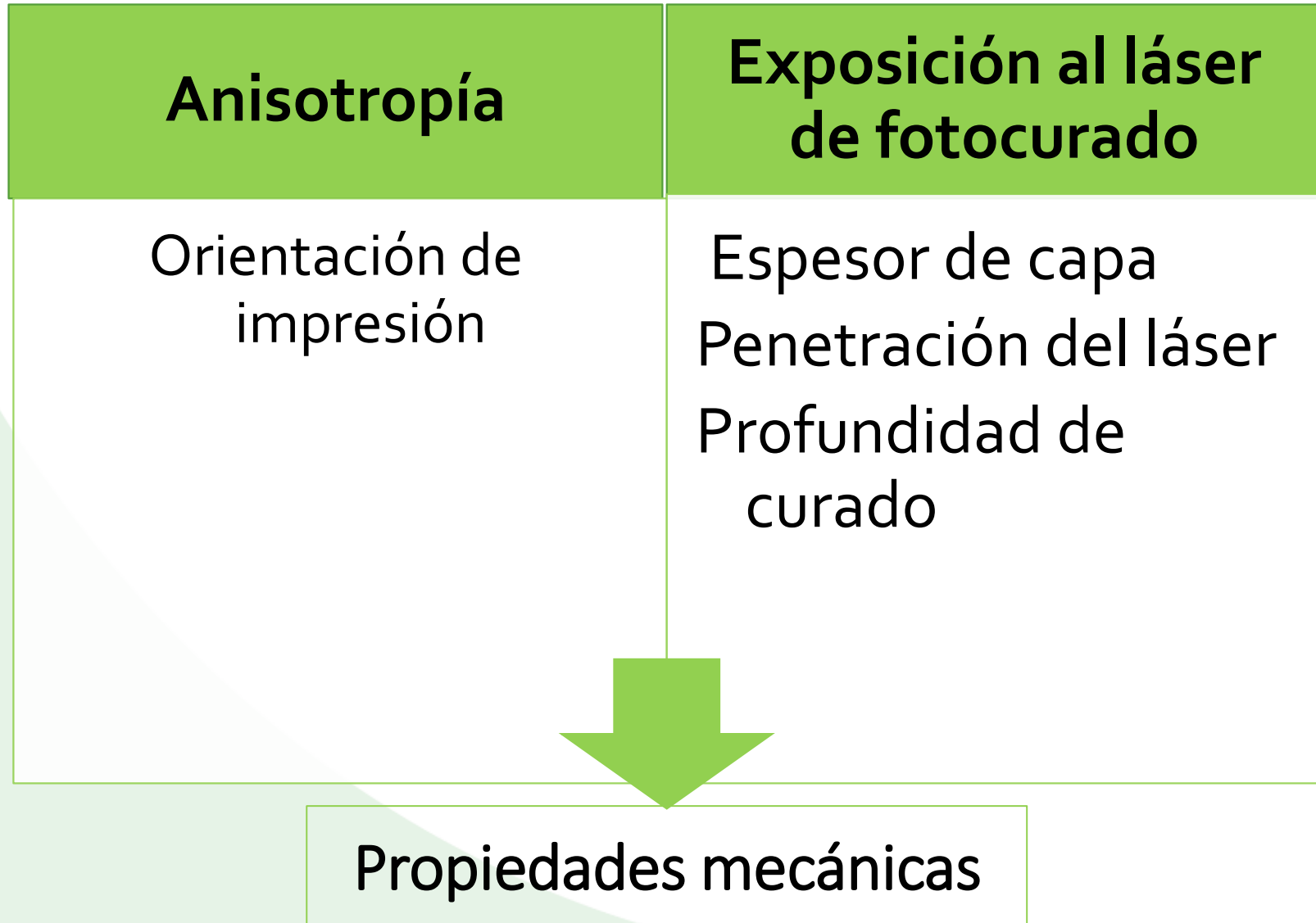
Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Propiedades mecánicas y energéticas



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

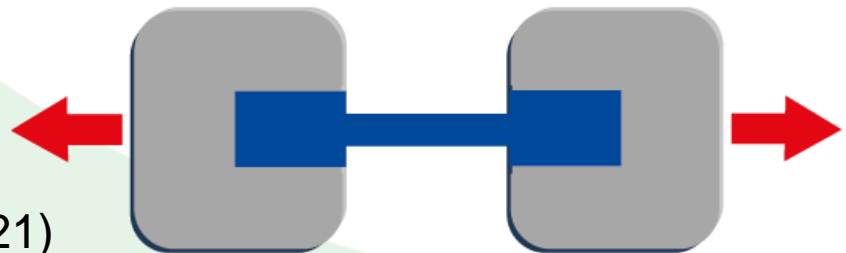
Trabajo futuro

Ensayos para caracterización mecánica

Ensayo de microperforado



Ensayo de tracción



(ZwickRoell GmbH & Co. KG, 2021)

Orientaciones de impresión

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

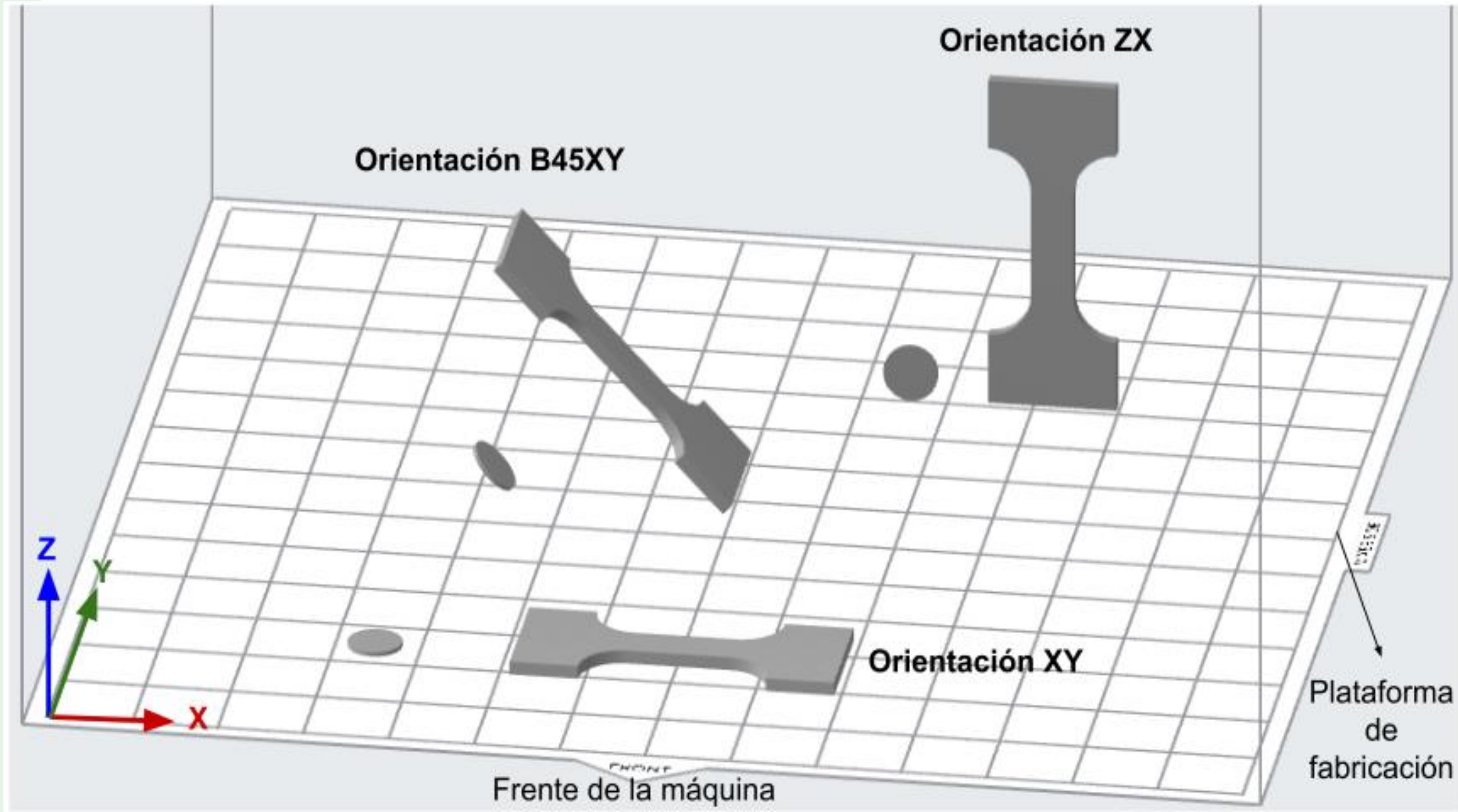
Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

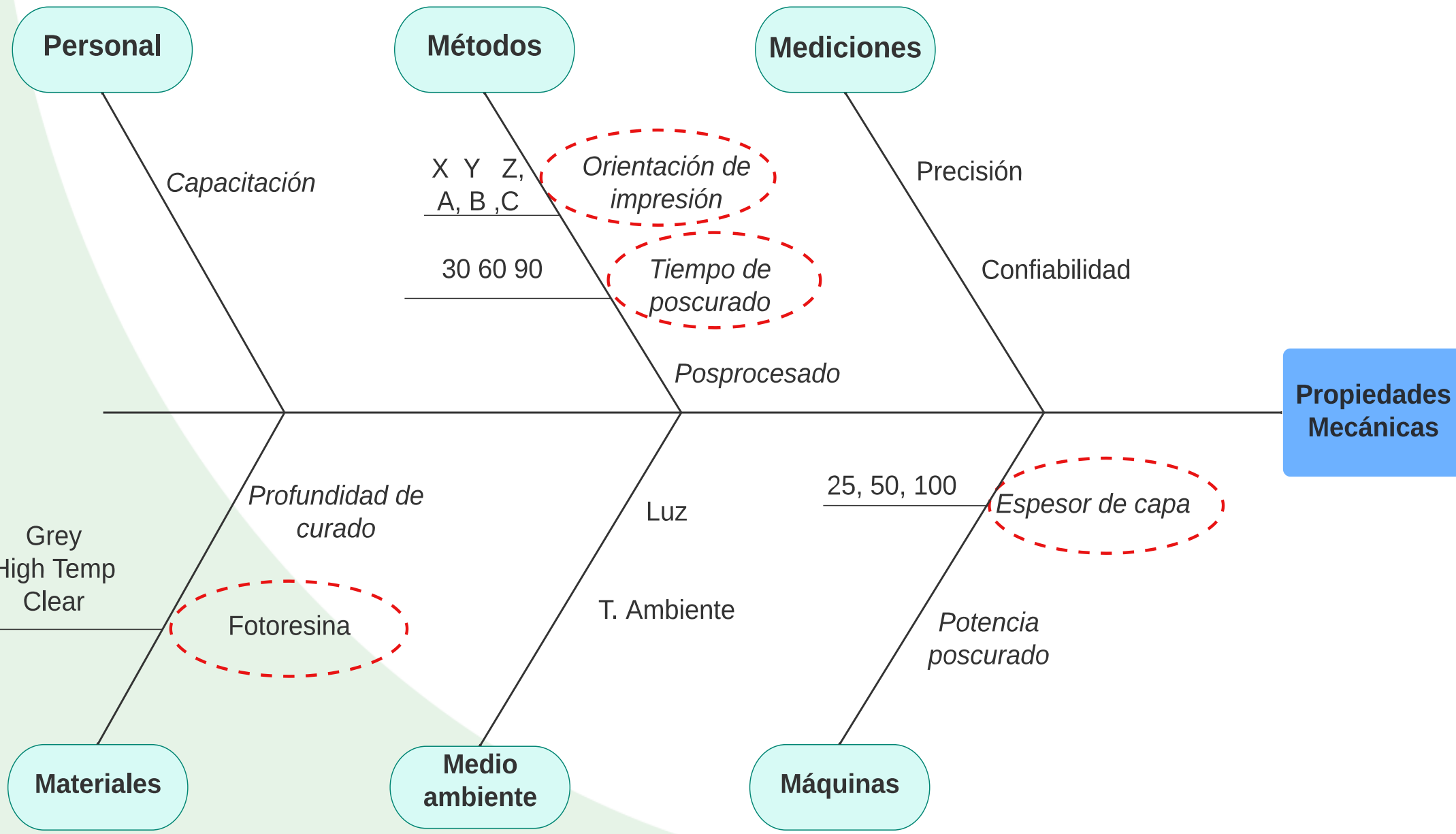
Recomendaciones

Trabajo futuro



Diseño Experimental

- Antecedentes y Justificación
- Alcance
- Objetivos
- Revisión de la literatura
- Metodología**
- Análisis de Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Trabajo futuro



Diseño Experimental

Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

Metodología

Análisis de
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Factor	Unidad	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Fotoresina	-	Grey	High Temp	Clear
Tiempo de poscurado	[min]	30	60	90
Espesor de capa	[μm]	25	50	100
Orientación	-	XY	B45XY	ZX

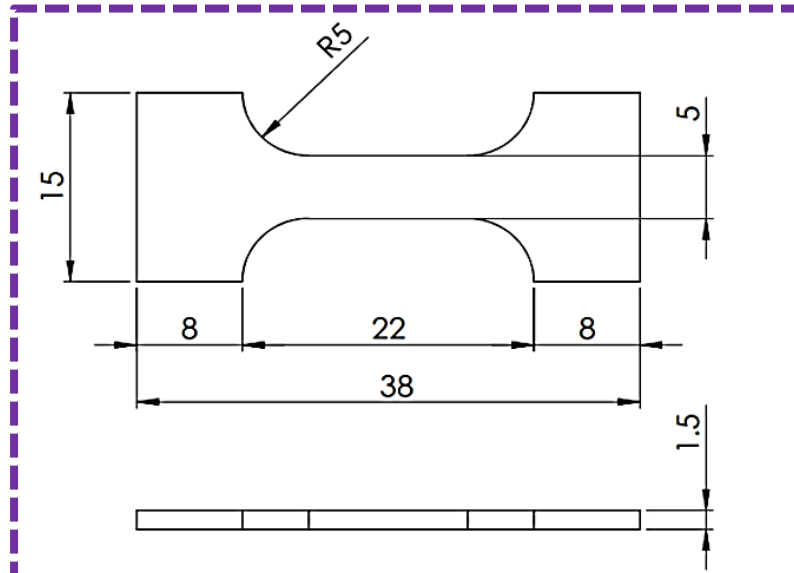
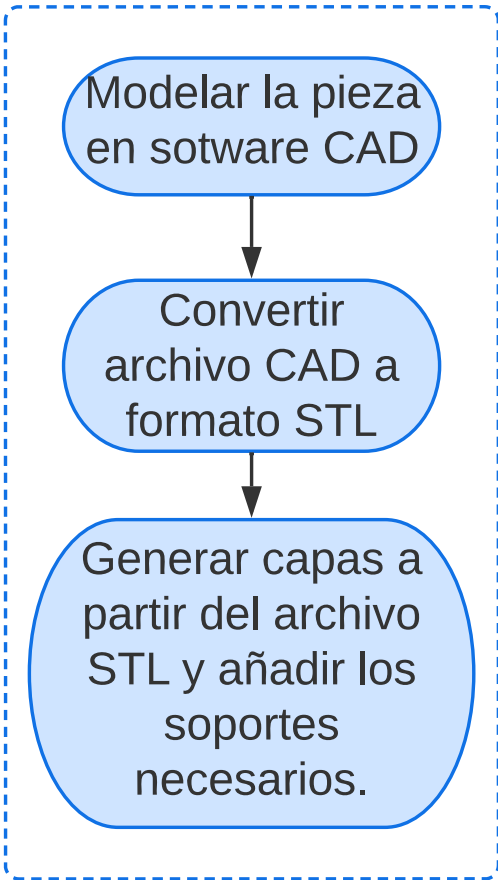
Taguchi

Ortogonal L9, 4 factores, 3 niveles. 3 réplicas.

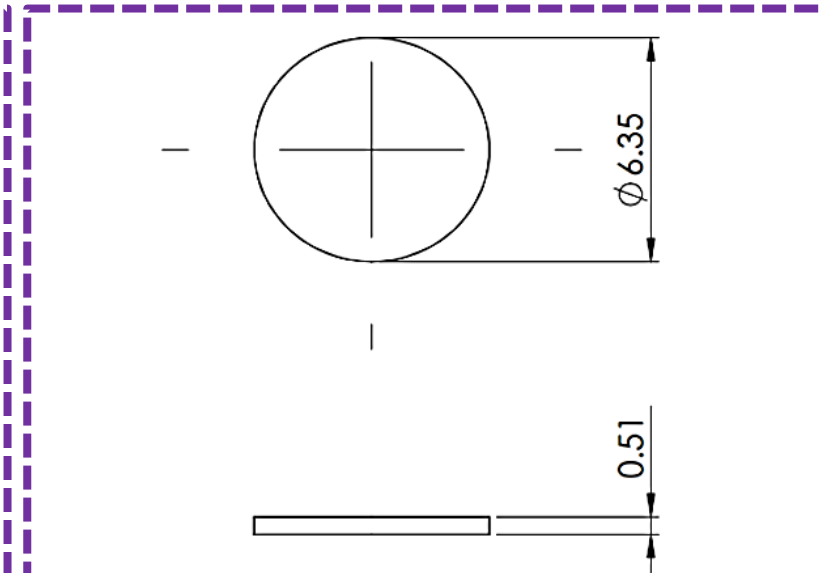
Ambas probetas

Diseño y fabricación de probetas para caracterización

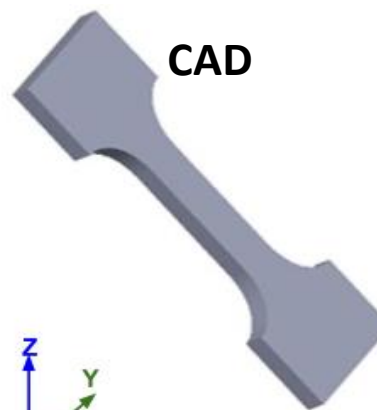
1 Preprocesado



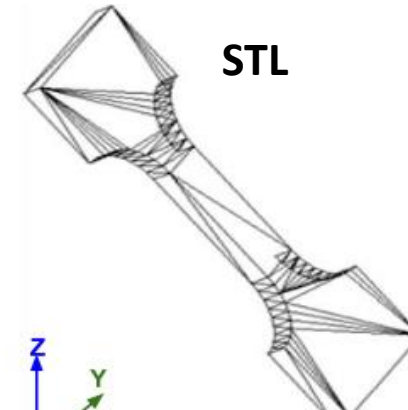
ASTM D1708 (Microtracción)



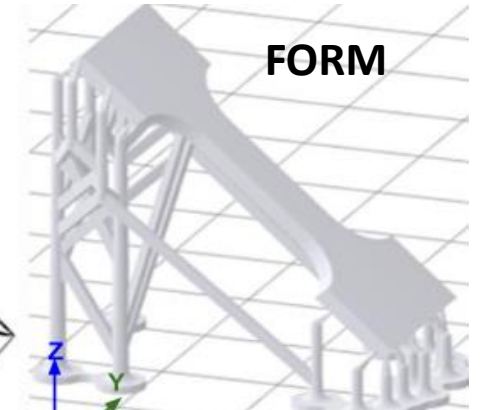
ASTM F2977 (Microperforado)



CAD



STL



FORM

CAD: Diseño asistido por computador
STL: Standard Triangle Language

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

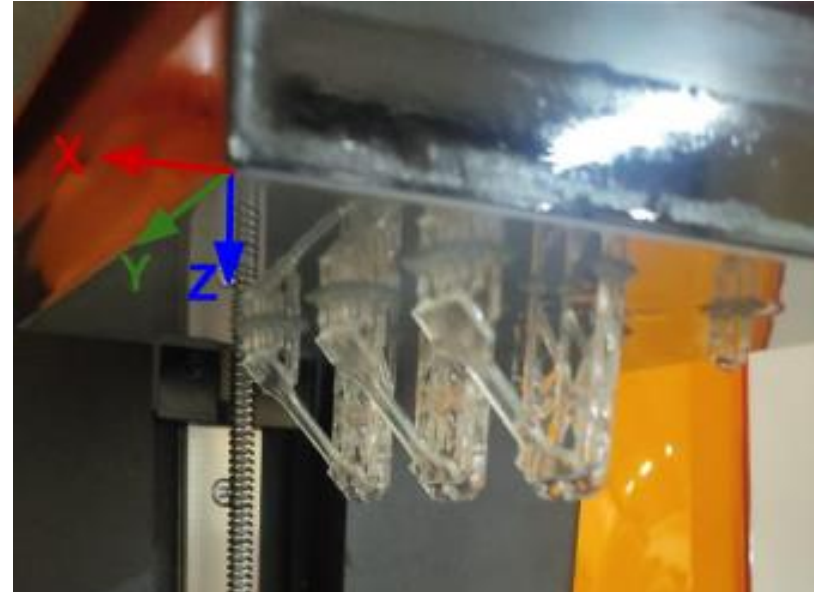
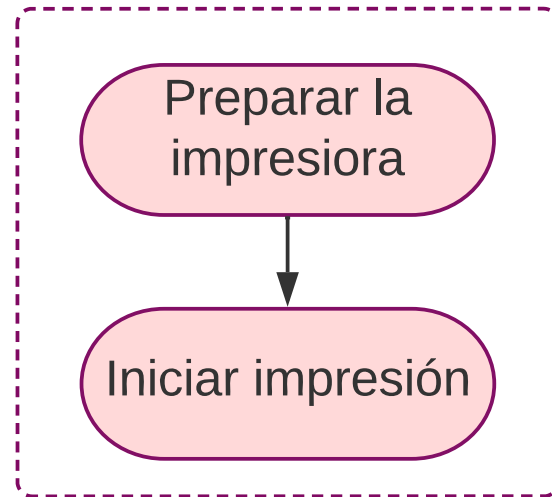
Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Diseño y fabricación de probetas para caracterización

2 Impresión de probetas



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

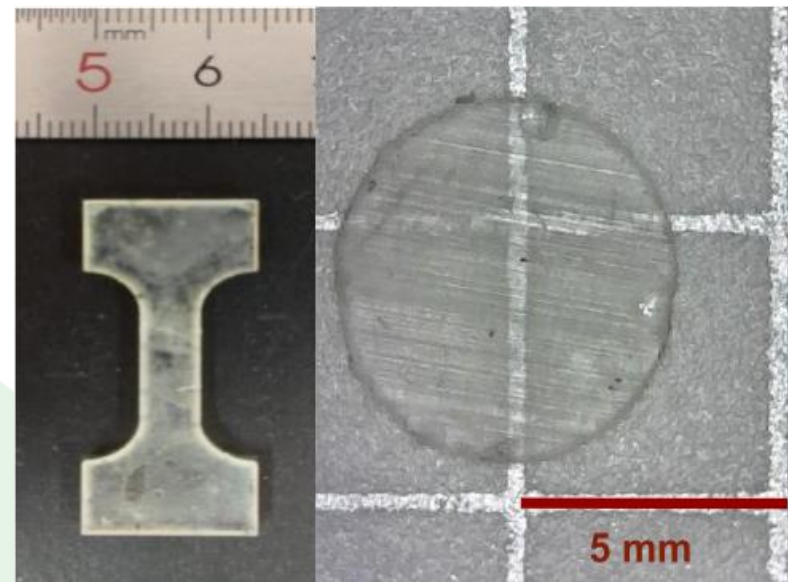
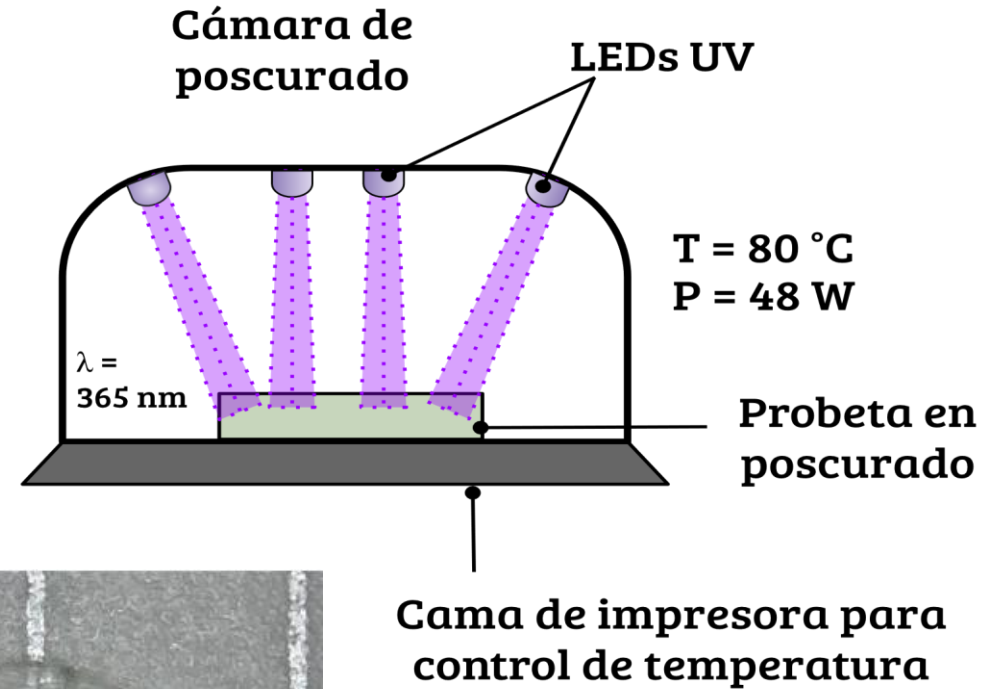
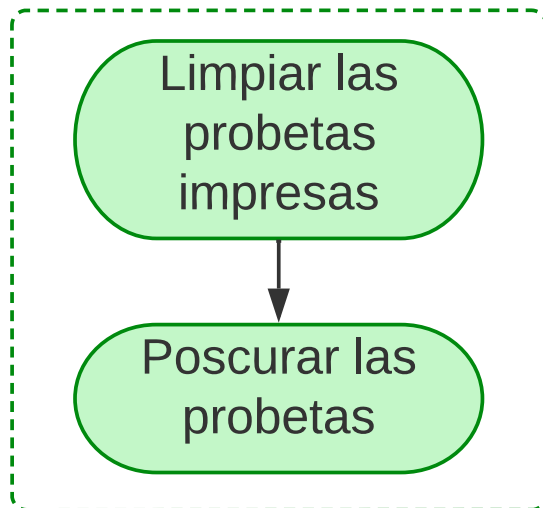
Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Diseño y fabricación de probetas para caracterización

3 Posprocesado



Fabricación del sistema de caracterización

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro



Bus para adquisición de datos

Sensor de fuerza

Punzón

Soporte para probetas

Placa base

Plataforma de caracterización



Ensayo de microperforado



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

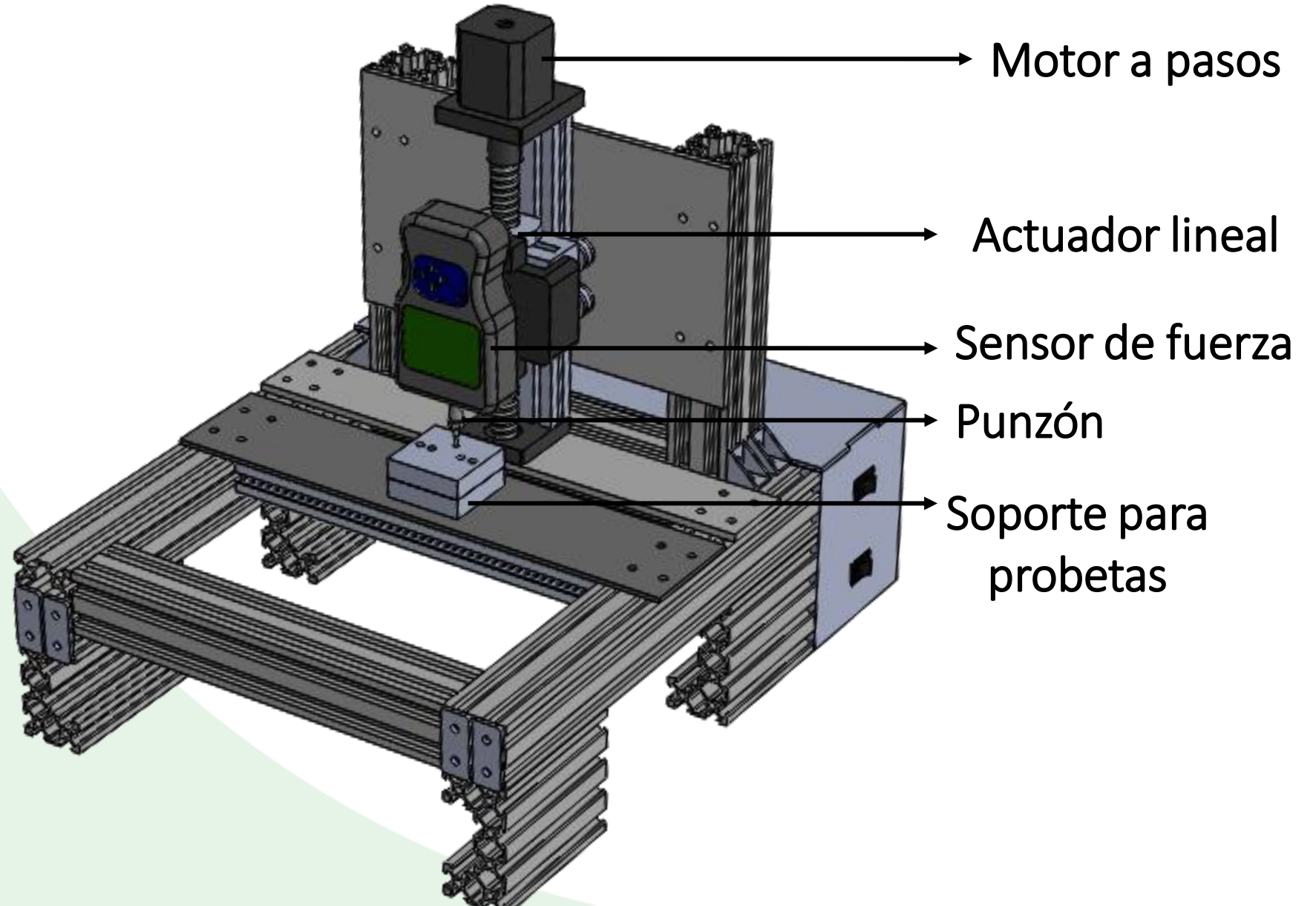
Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Fabricación del sistema de caracterización



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Fabricación del sistema de caracterización

Sensor de fuerza



(Nidec, 2017)

Rango: 0-100 [N]
Resolución: 0,1 [N]

Punzón



Diámetro: 2,56 [mm]

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

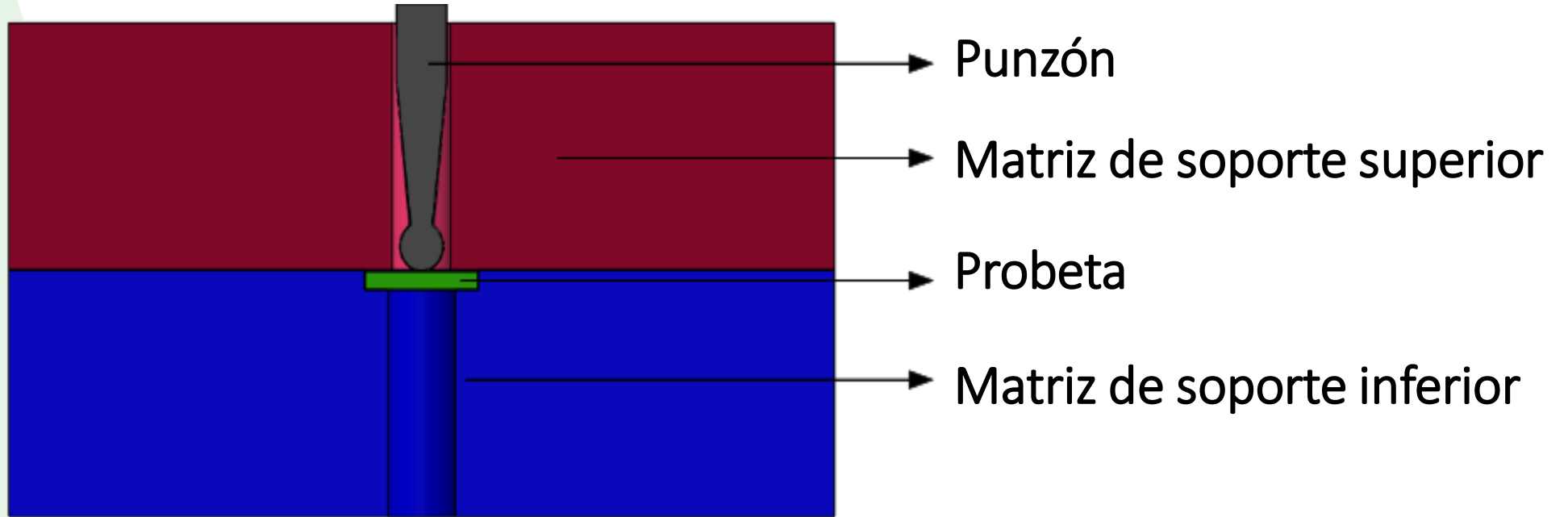
Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Fabricación del sistema de caracterización



Soporte para probetas

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

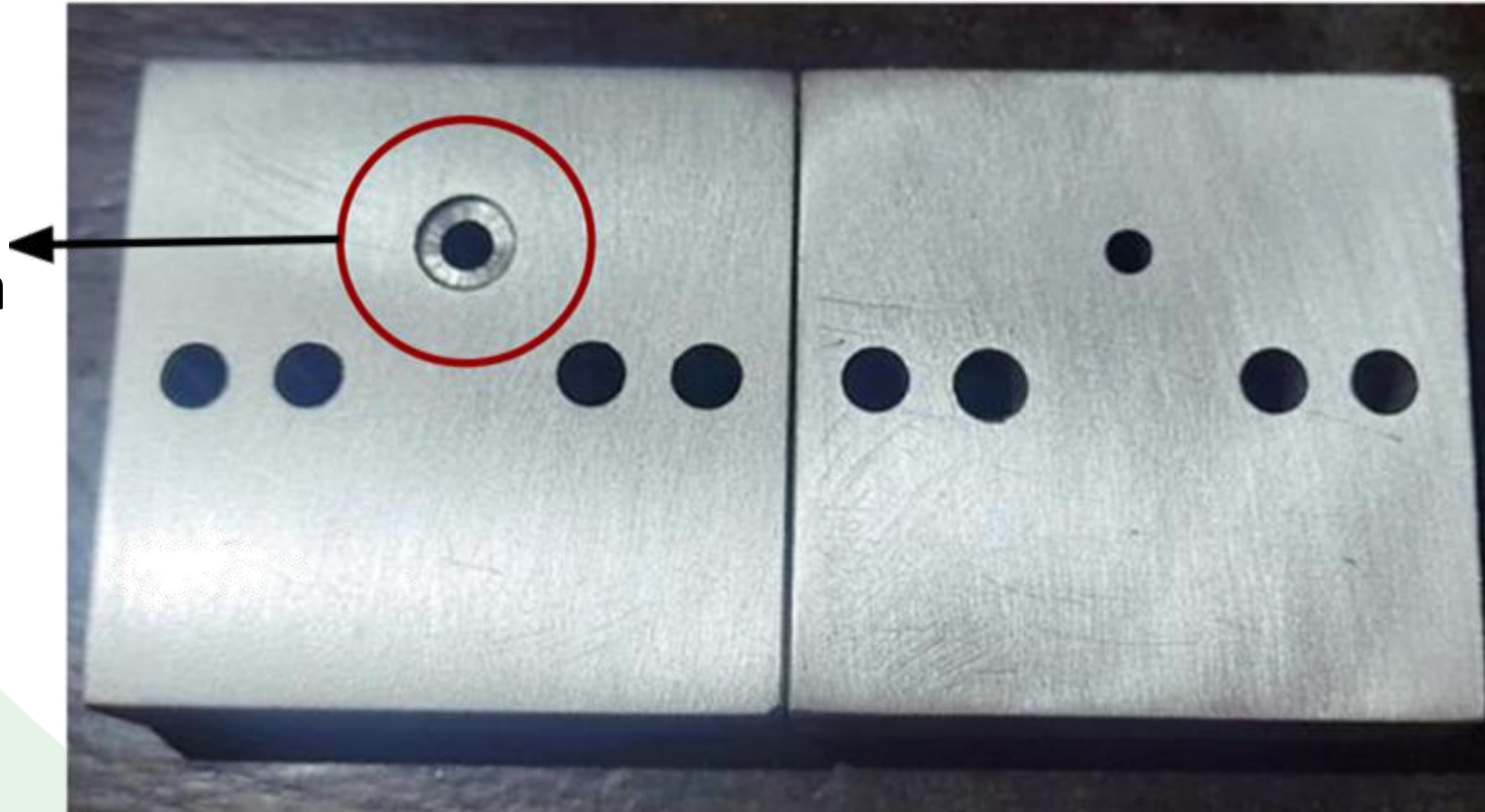
Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Fabricación del sistema de caracterización

Cavidad donde
ingresa la probeta



Soporte para probetas

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

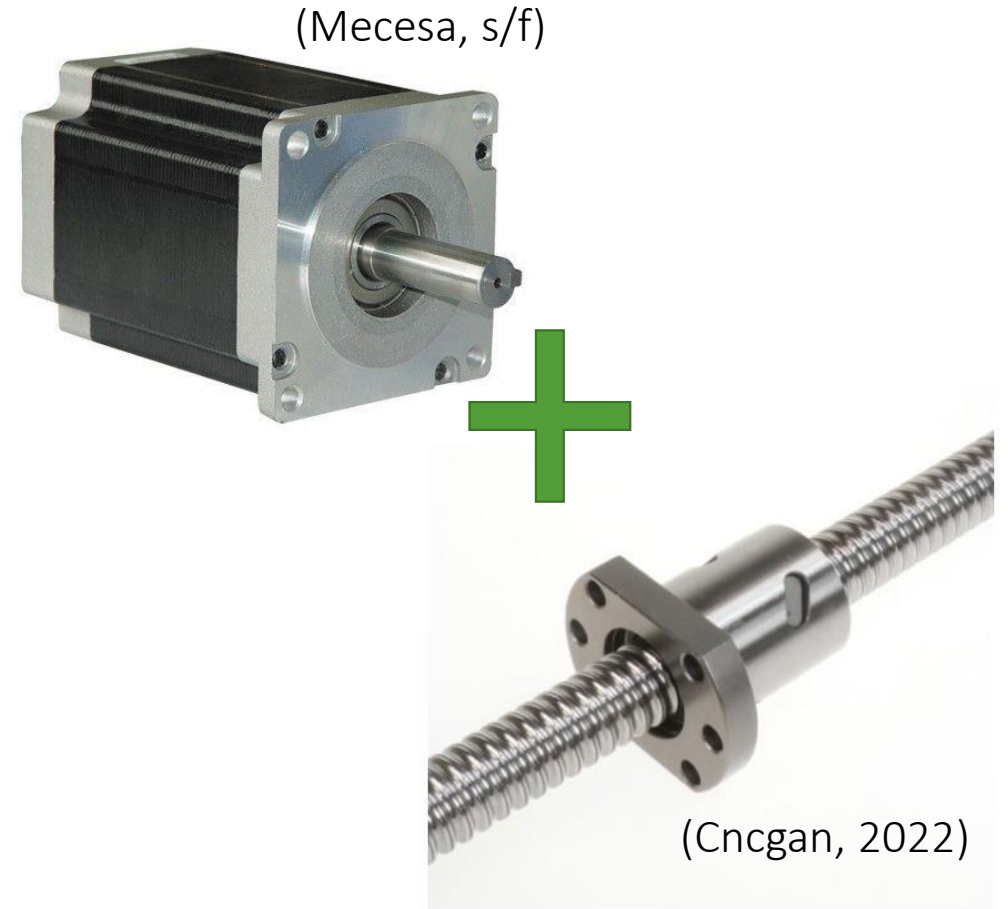
Trabajo futuro

Fabricación del sistema de caracterización



(Luis Llamas, 2015)

Potenciómetro lineal



(Mecesa, s/f)

(Cncgan, 2022)

Motor a pasos + husillo de bolas

Medición del desplazamiento

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

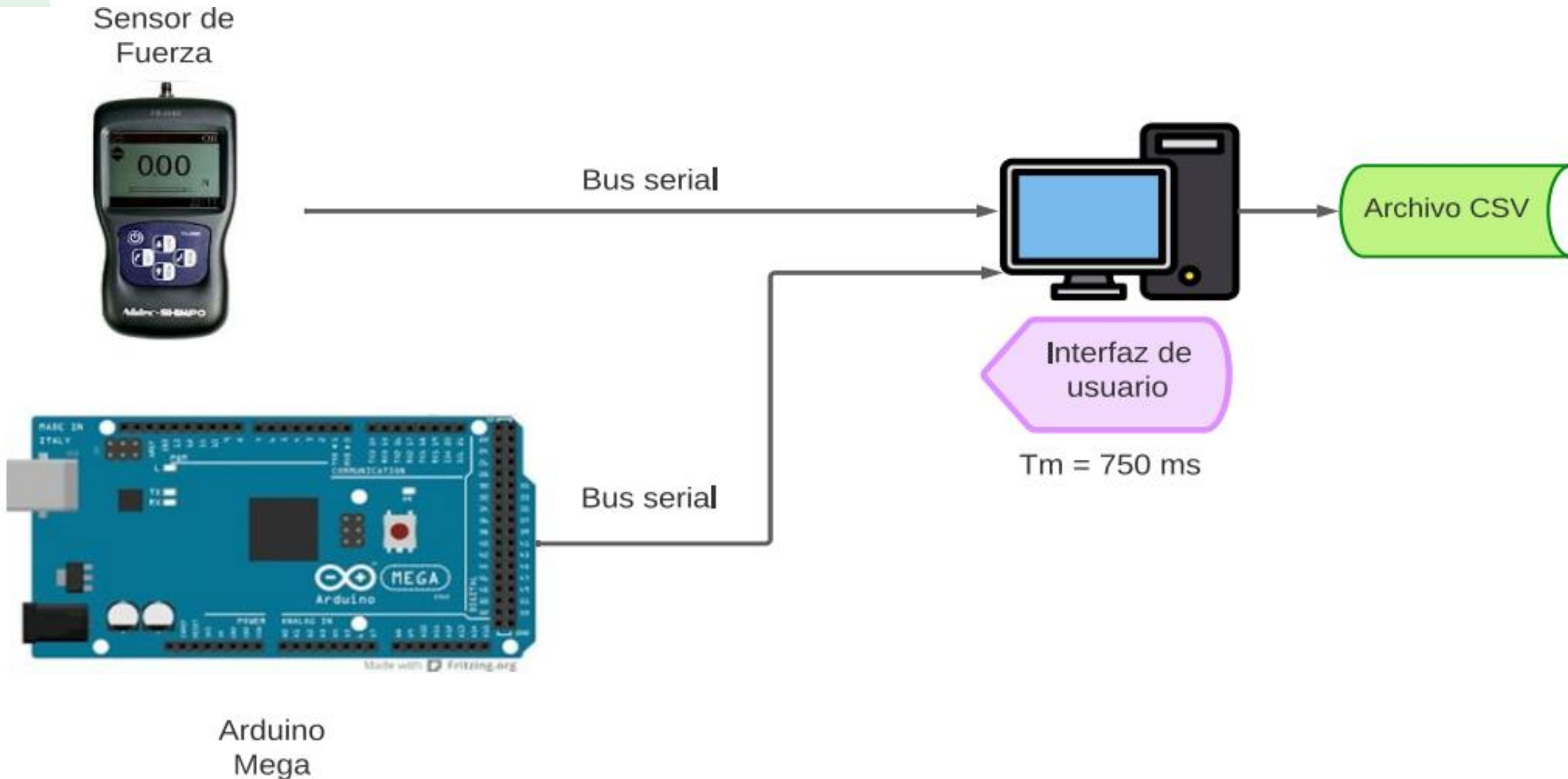
Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Fabricación del sistema de caracterización



Adquisición de datos de fuerza y desplazamiento

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Fabricación del sistema de caracterización

Inicio Ensayo Instrucciones

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

1970
Ecuador

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

Departamento de las Ciencias de la Energía y Mecánica

Ingeniería Mecatrónica

Ensayo de microperforado para caracterización de fotoreinas impresas por estereolitografía

Inicio Ensayo Instrucciones

ENSAYO DE MICROPERFORADO

Configuración Puerto Serial

PUERTO COM SENSOR DE FUERZA
COM7

PUERTO COM ARDUINO
COM6

CONECTAR DESCONECTAR

Control del Ensayo

DIRECCIÓN SUBIR BAJAR

INICIAR PARAR

FUERZA [N] 0.5

DESPLAZAMIENTO [mm] 2.841

Fuerza vs. Desplazamiento

Fuerza [N]

Desplazamiento [mm]

Desplazamiento [mm]	Fuerza [N]
0.0	0.0
0.2	5.0
0.4	12.0
0.6	18.0
0.8	24.0
1.0	30.0
1.2	36.0
1.4	42.0
1.6	48.0
1.8	54.0
2.0	60.0
2.2	66.0
2.4	72.0
2.6	78.0
2.8	0.0

Interfaz de usuario

Protocolo experimental

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

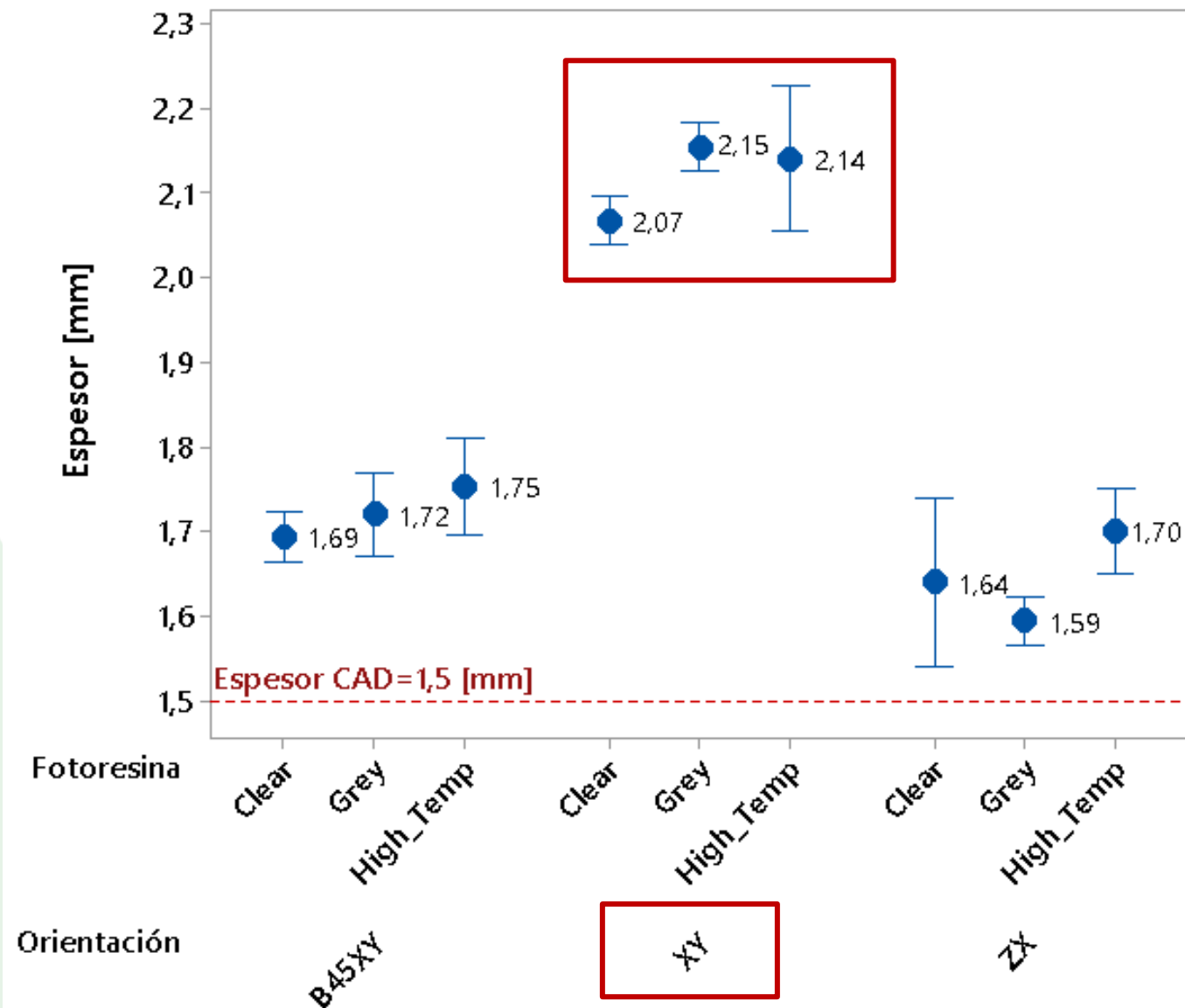
Metodología

Análisis de Resultados

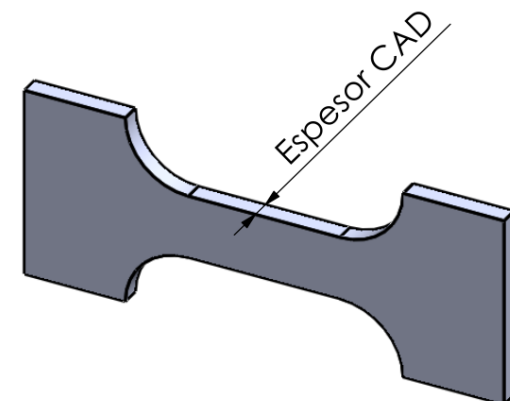
Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro



Probetas para ensayo de tracción



Control dimensional de probetas impresas

Protocolo experimental

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

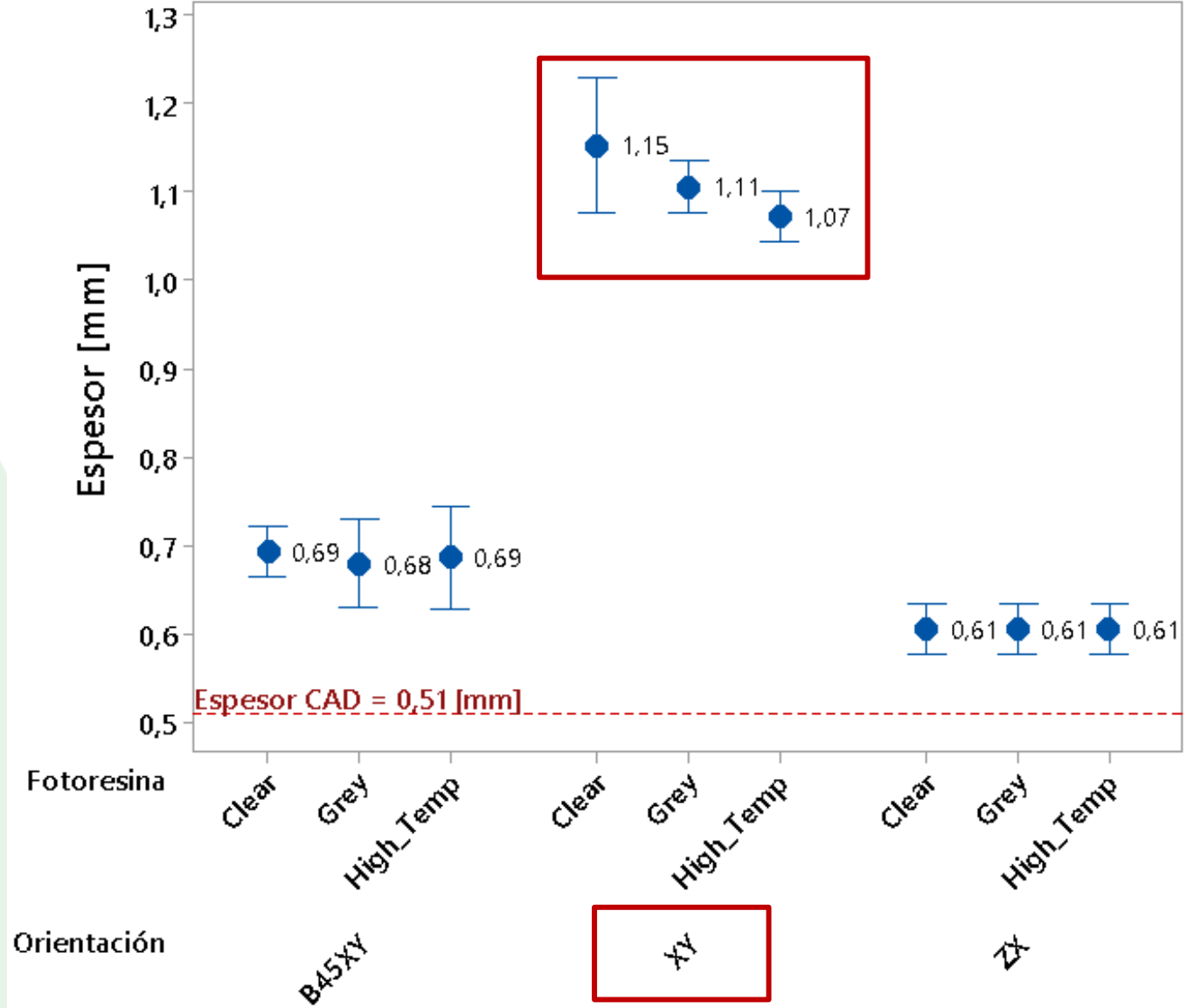
Metodología

Análisis de Resultados

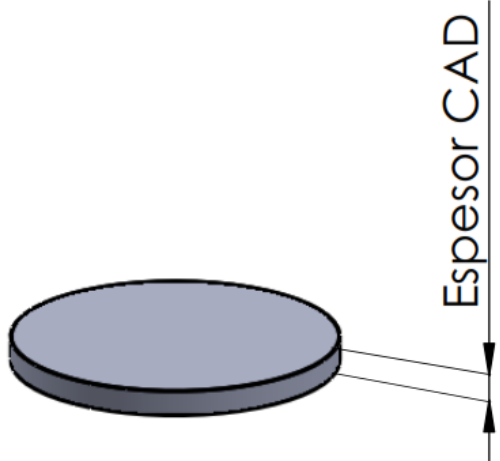
Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro



Probetas para ensayo de microperforado



Control dimensional de probetas impresas

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Protocolo experimental

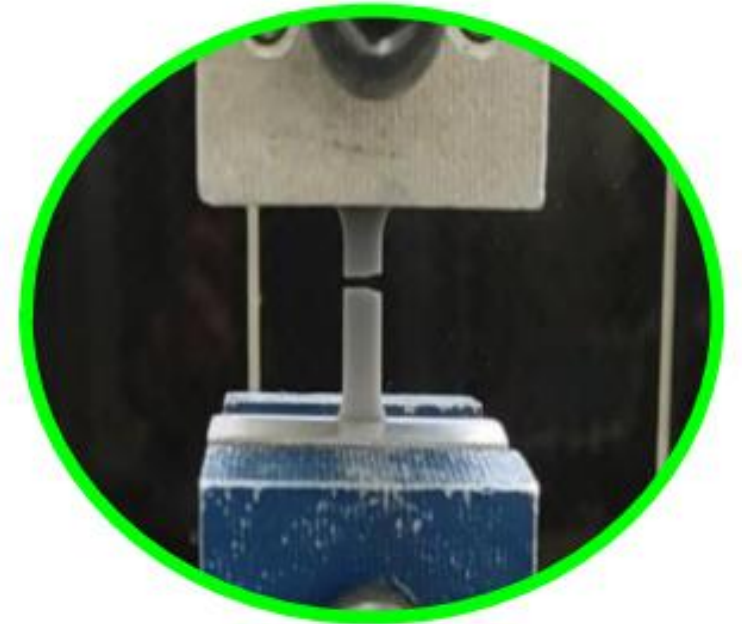


Mordaza superior

Mordaza inferior

Celda de carga

Probeta ensayada:
fotoresina Grey



Ensayo a tracción

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

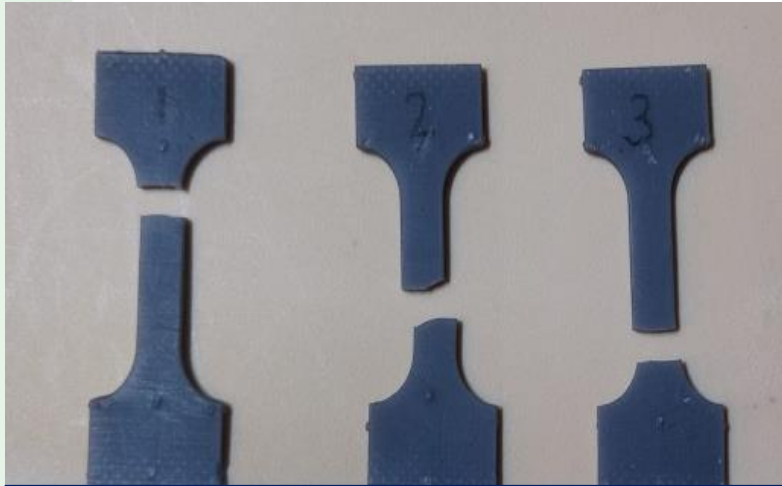
Análisis de Resultados

Conclusiones

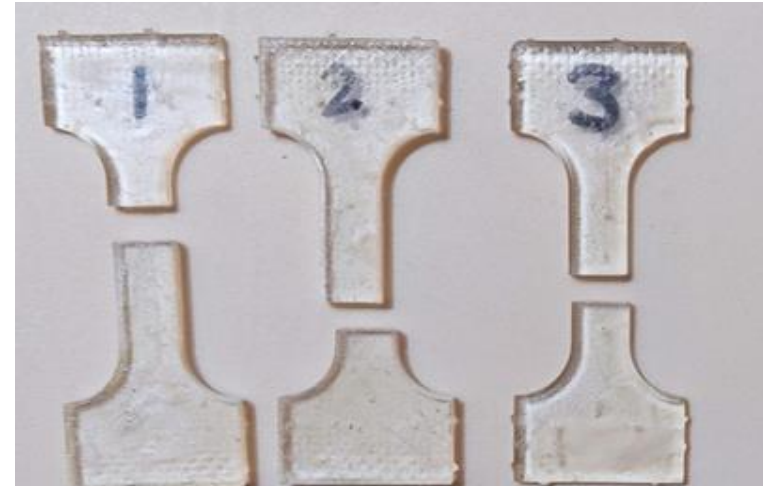
Recomendaciones

Trabajo futuro

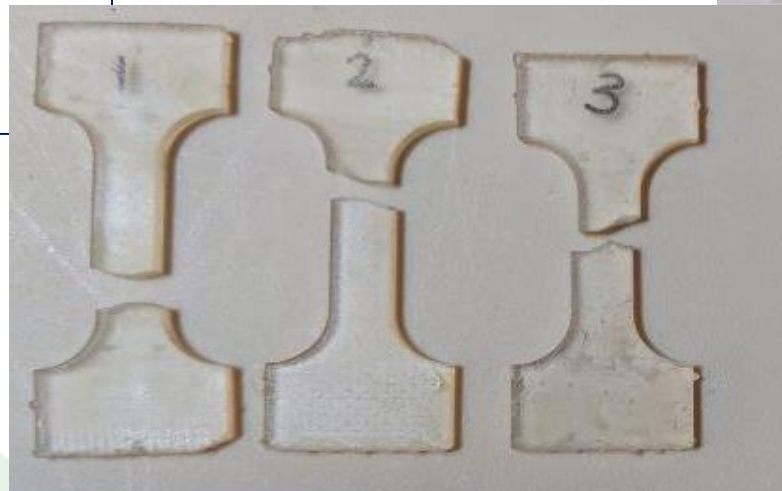
Protocolo experimental



Fotoresina Grey



Fotoresina Clear



Fotoresina High Temp

Ensayo a tracción

Protocolo experimental

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

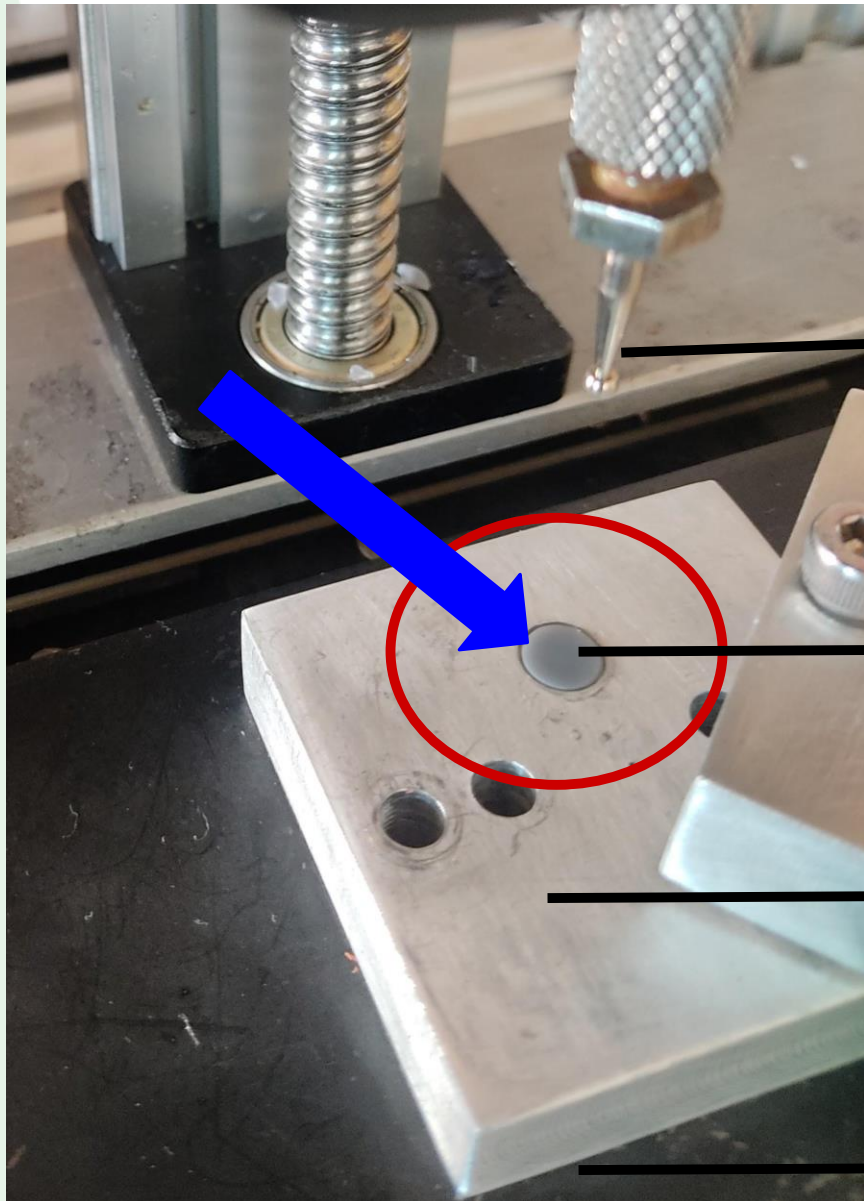
Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro



Punzón

Probeta dentro de cavidad del soporte inferior

Soporte inferior

Placa base

Ensayo de microperforado



Protocolo experimental

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

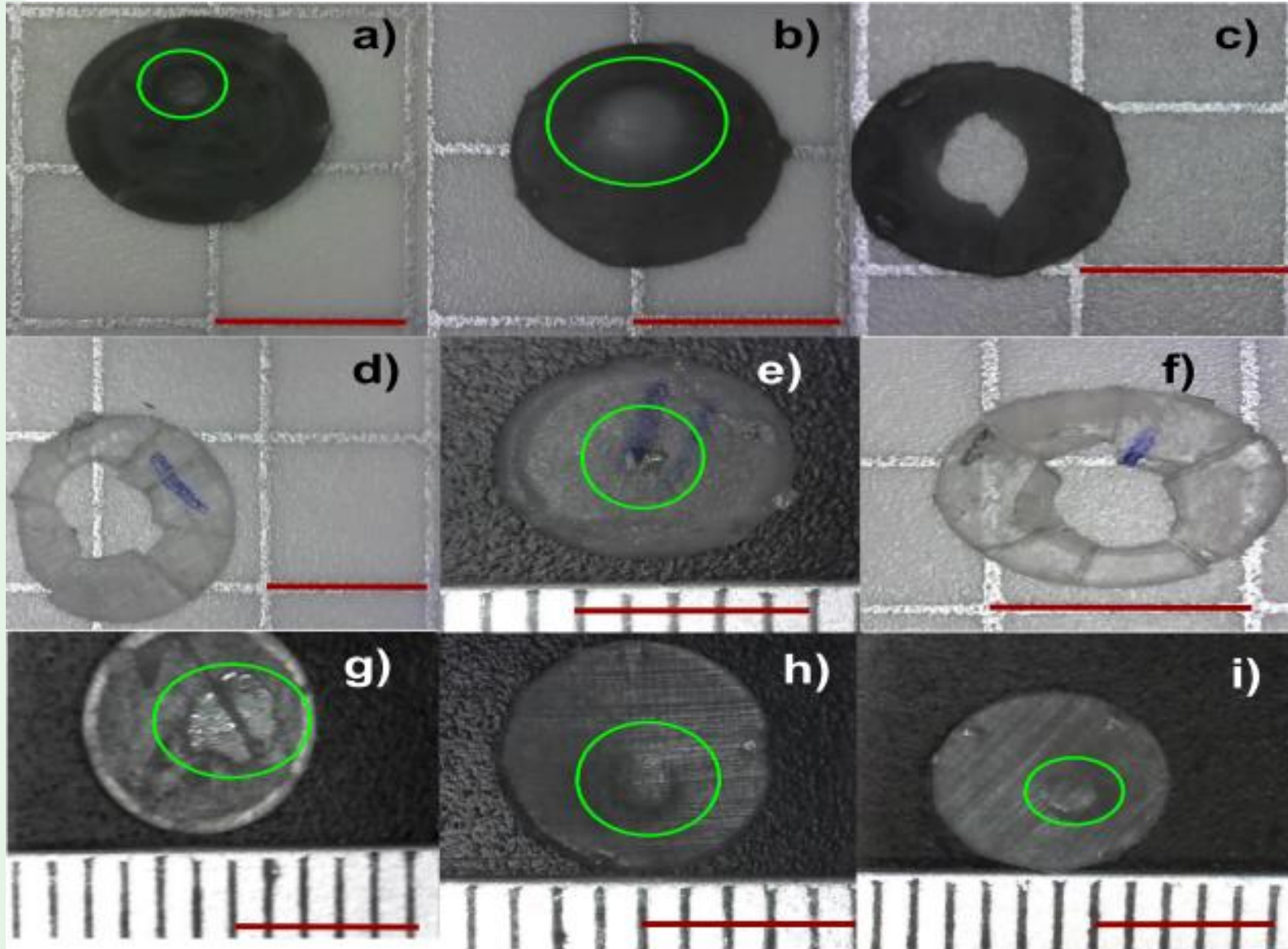
Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro



Ensayo de microperforado

Ensayo de tracción

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

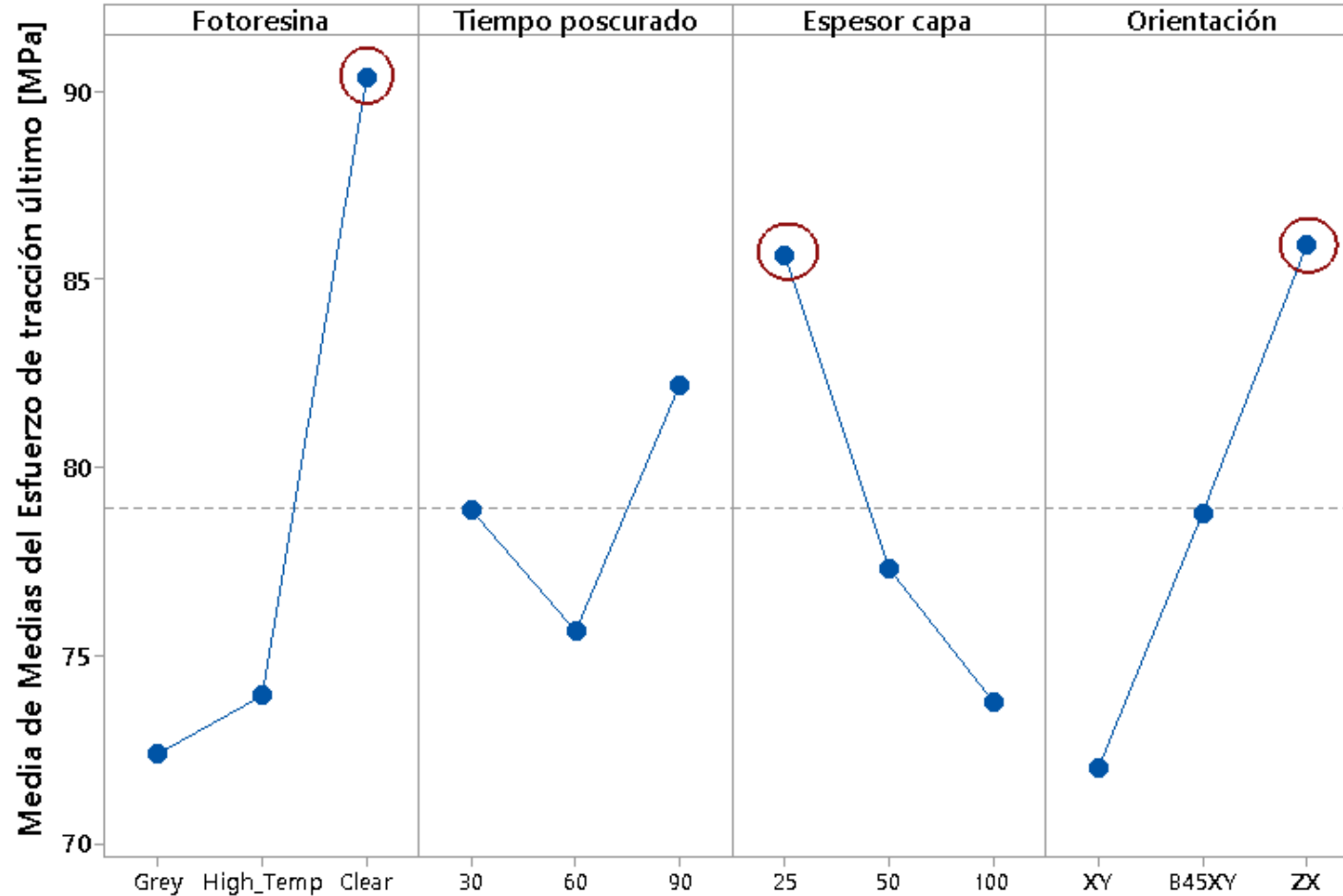
Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro



Esfuerzo de tracción último

Nivel	Fotoresina	Tiempo poscurado	Espesor capa	Orientación
1	37,18	37,92	38,57	37,05
2	37,27	37,34	37,72	37,88
3	39,10	38,29	37,25	38,62
Delta	1,92	0,95	1,32	1,57
Clasificar	1	4	3	2

Tipo de fotoresina: 33%
 Tipo de orientación: 27%
 Espesor de capa: 23%

Ensayo de tracción

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

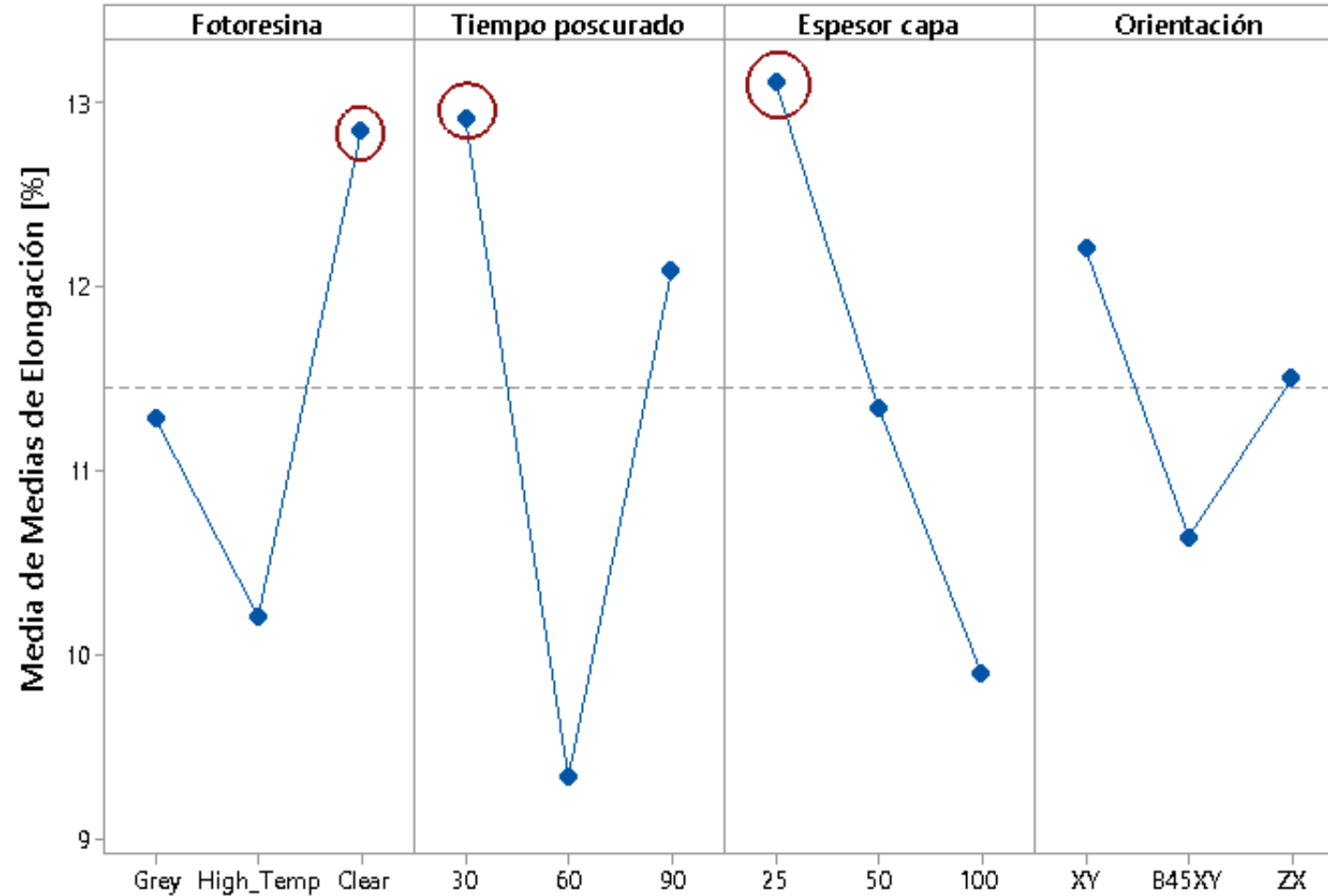
Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro



Porcentaje de elongación

Nivel	Fotorresina	Tiempo poscurado	Espesor capa	Orientación
1	20,78	22,17	22,31	21,31
2	19,99	19,18	20,89	20,43
3	22,16	21,58	19,73	21,20
Delta	2,18	2,99	2,57	0,88
Clasificar	3	1	2	4

Tiempo de poscurado: 34%
 Espesor de capa: 29%
 Fotorresina: 25%

Predicción

Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

Metodología

**Análisis de
Resultados**

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Fotoresina	Tiempo Poscurado [min]	Espesor capa [μm]	Orientación
Clear	90	25	ZX

Valor teórico

Esfuerzo de tracción último: 107,45 [MPa]

Elongación: 15,2%.

Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

Metodología

**Análisis de
Resultados**

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Discusión

Fotoresina

Orientación
de
impresión

Tiempo de
poscurado

Espesor de
capa

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

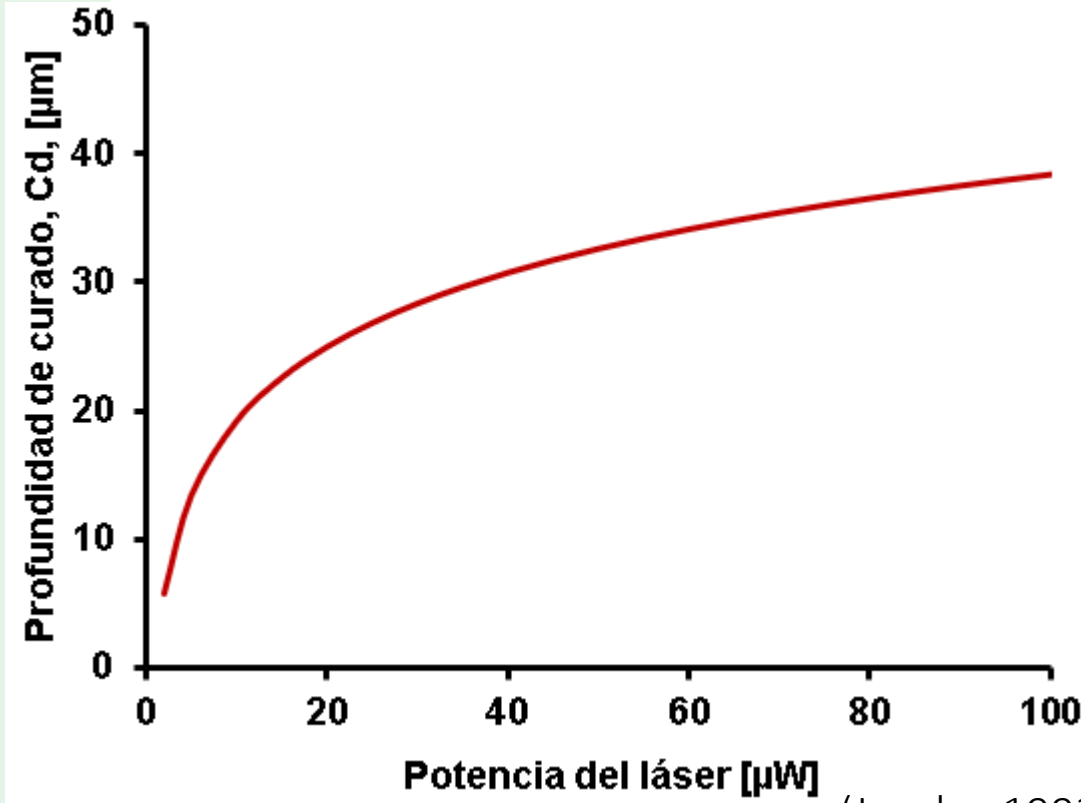
Conclusiones

Recomendaciones

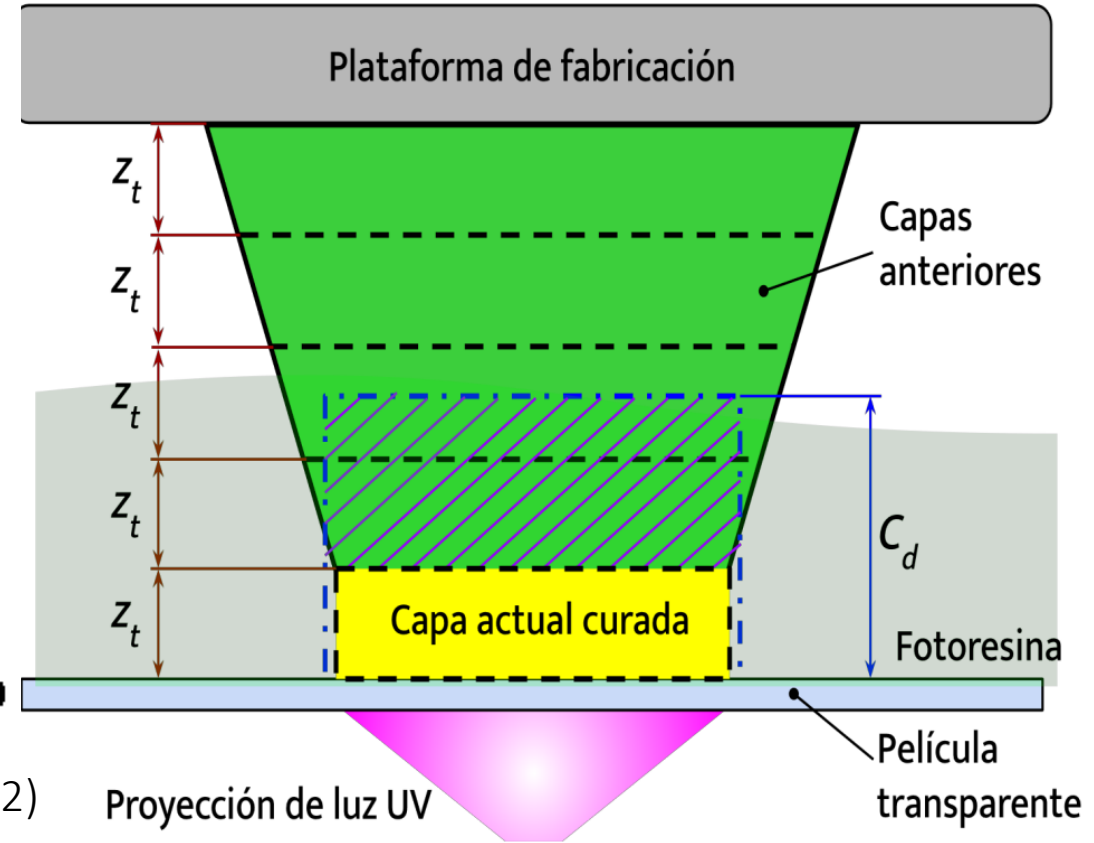
Trabajo futuro

Discusión

Espesor de capa



(Jacobs, 1992)



Ensayo de microperforado

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

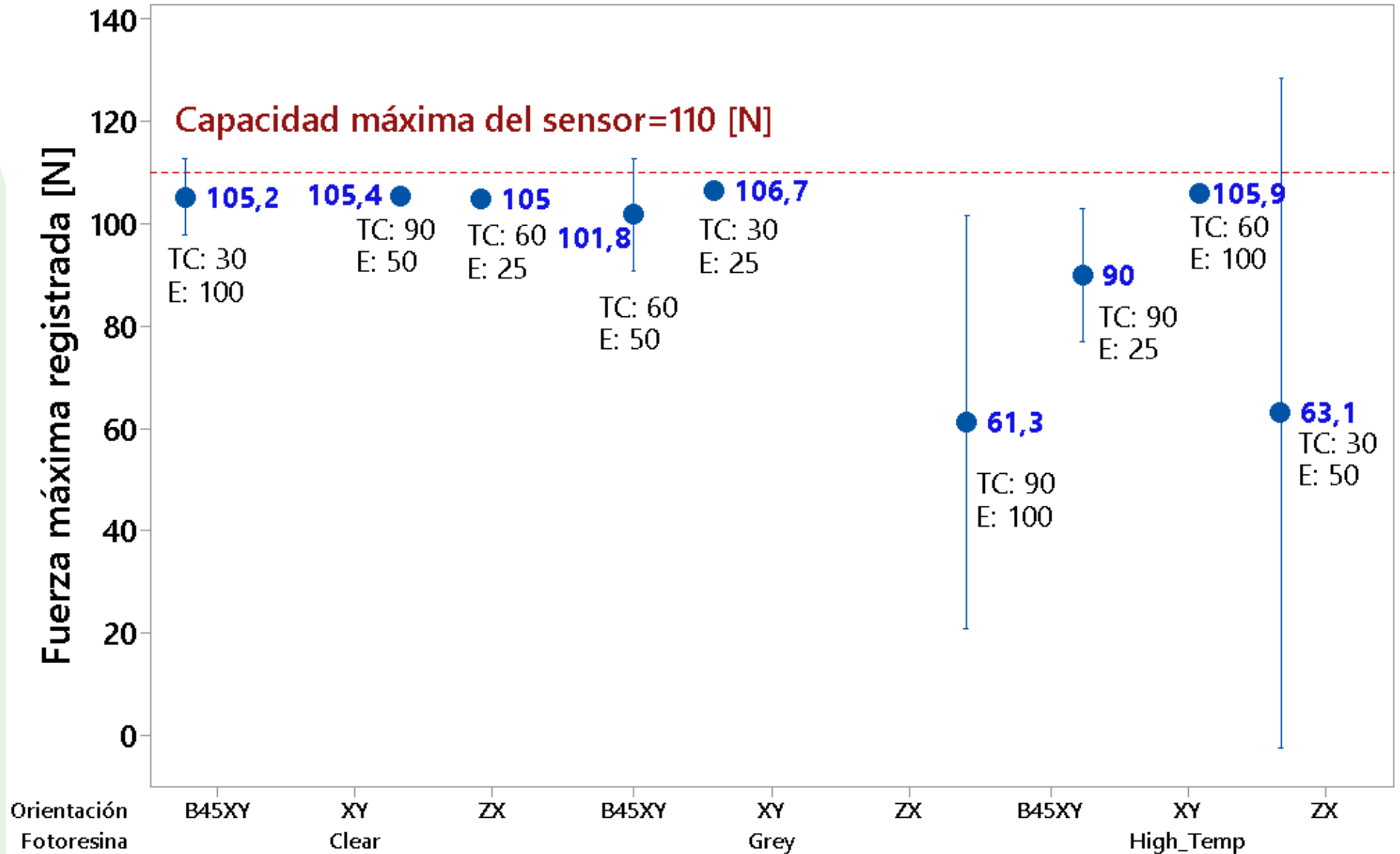
Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

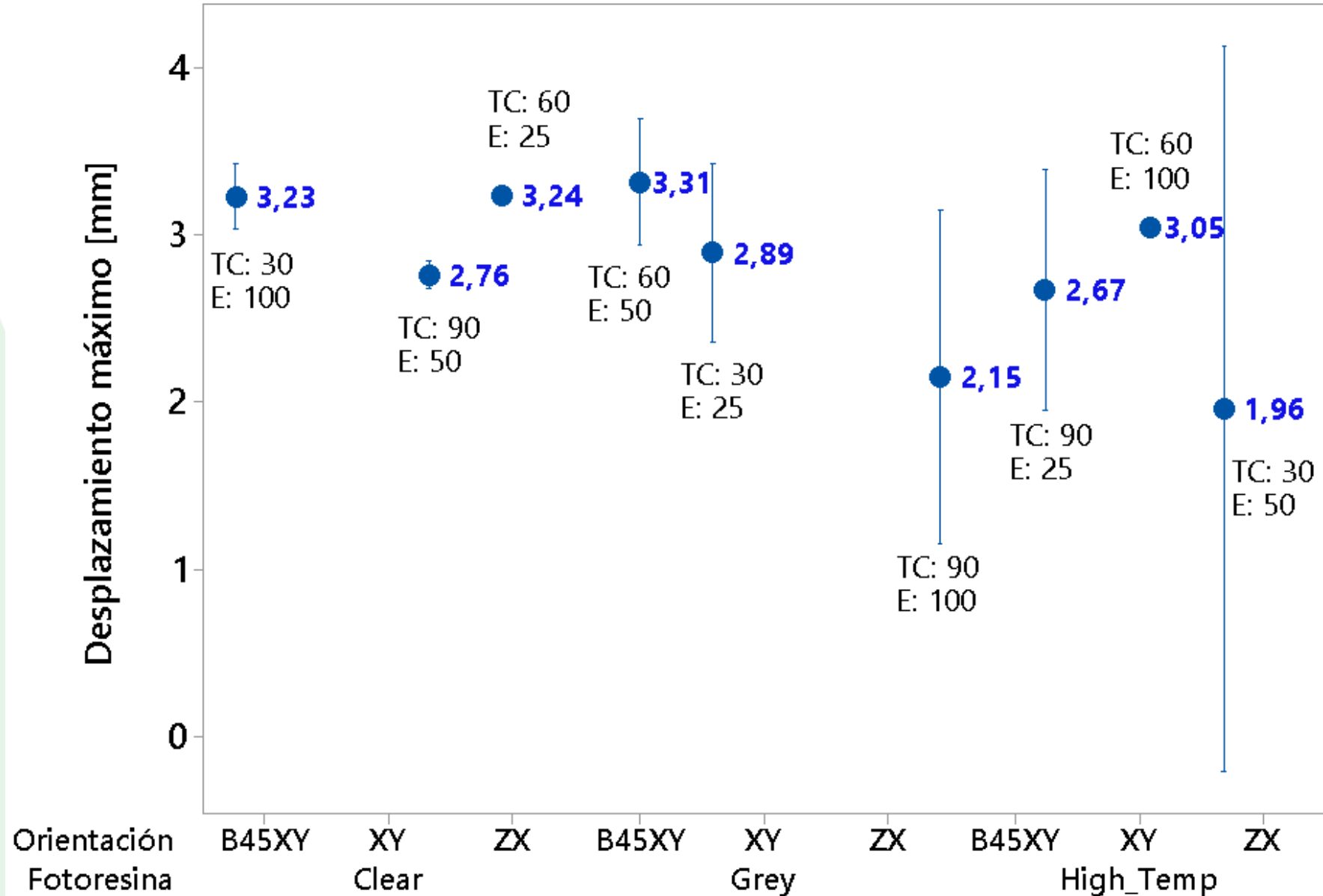


TC: Tiempo de poscurado

E: Espesor de capa

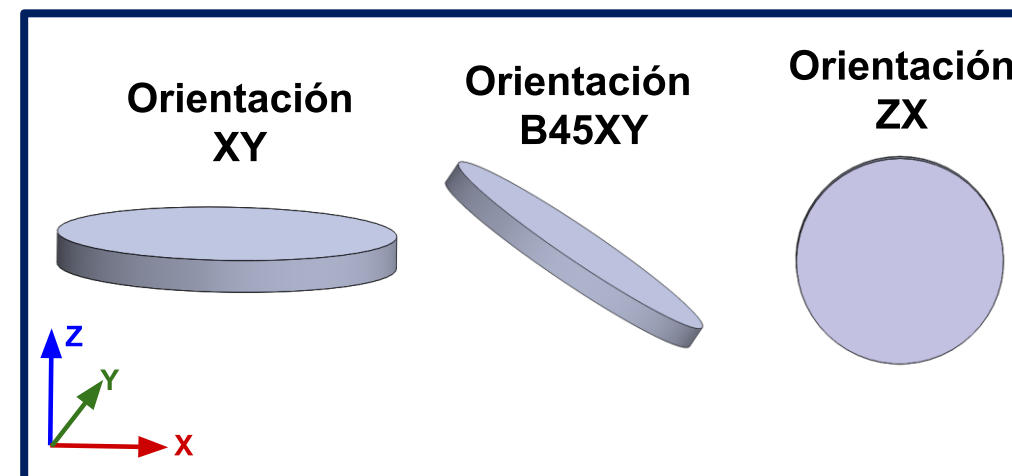
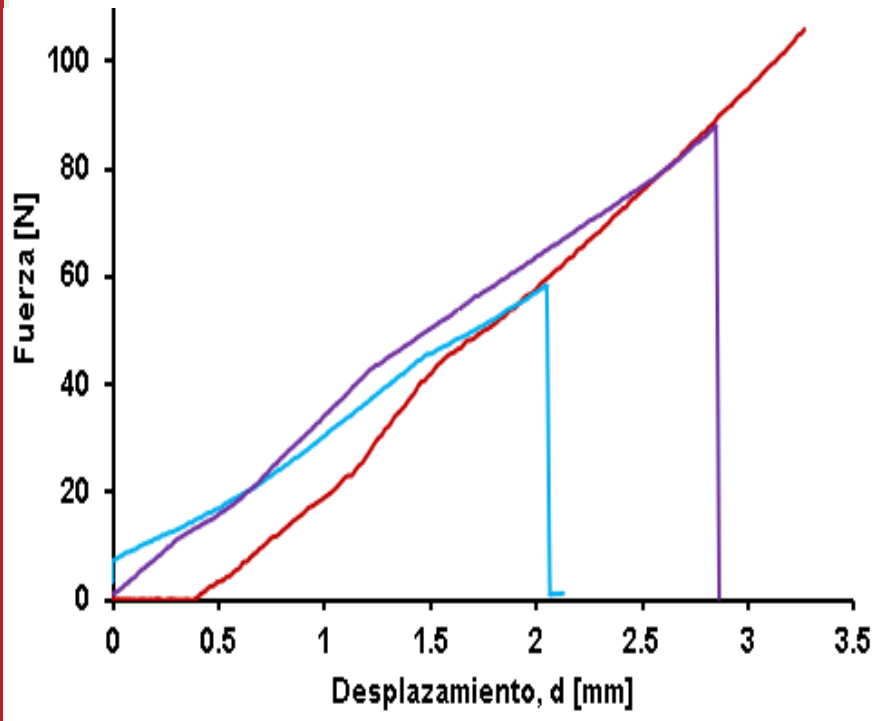
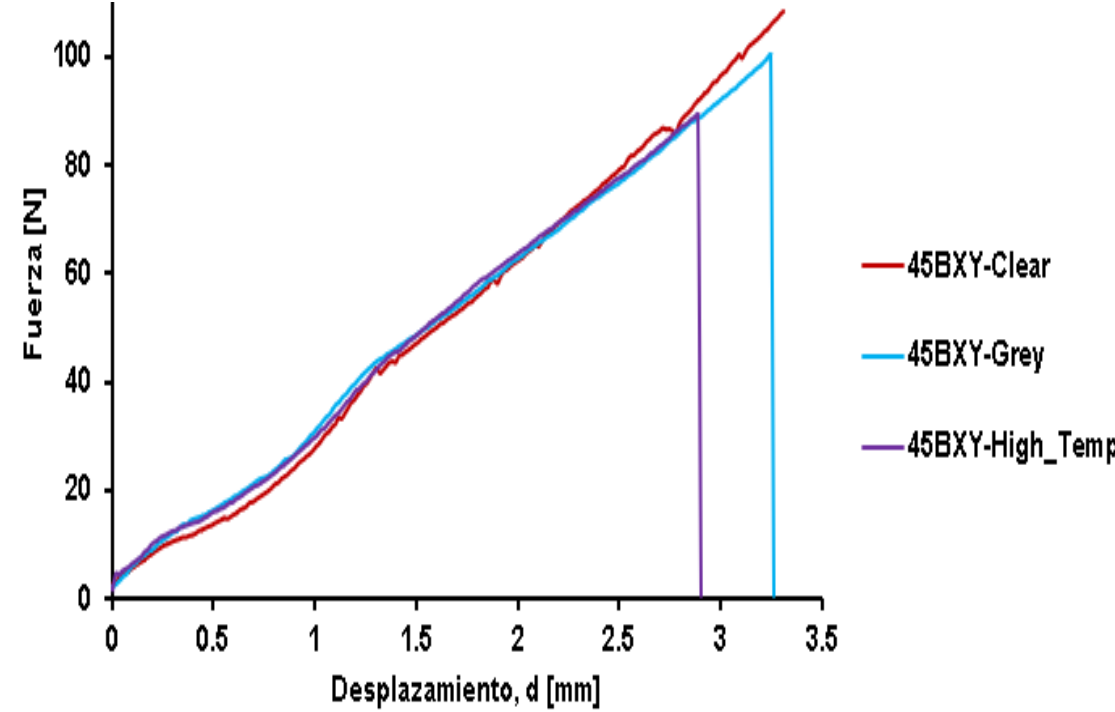
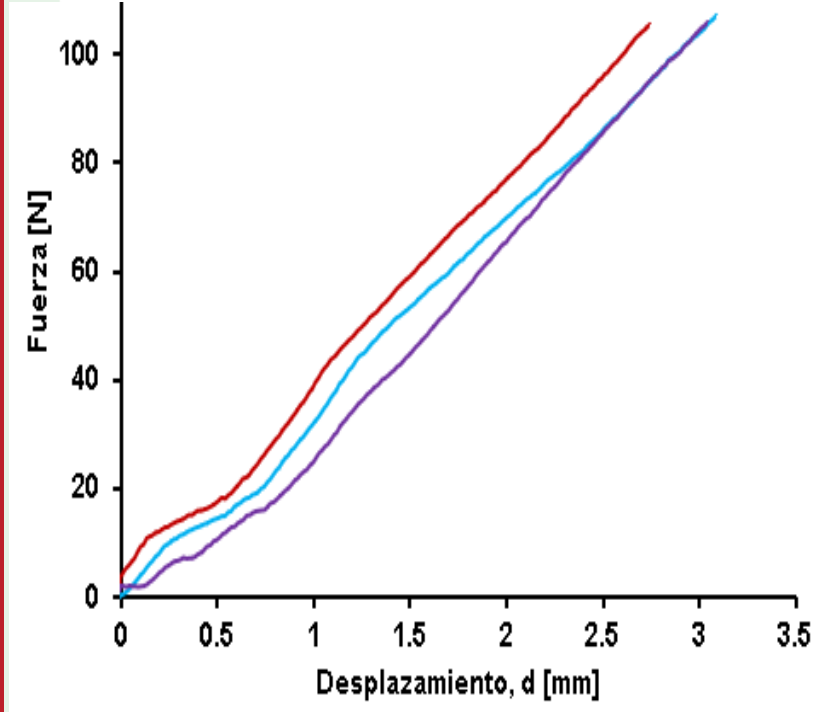
Ensayo de microperforado

- Antecedentes y Justificación
- Alcance
- Objetivos
- Revisión de la literatura
- Metodología
- Análisis de Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Trabajo futuro



TC: Tiempo de poscurado
E: Espesor de capa

- Antecedentes y Justificación
- Alcance
- Objetivos
- Revisión de la literatura
- Metodología
- Análisis de Resultados**
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Trabajo futuro



Validación del sistema de caracterización

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Referencia	Tamaño de probeta [mm]	Diámetro del punzón [mm]	Medición de desplazamiento	Medición de fuerza	Velocidad de ensayo [mm/min]	Fuerza de punzonado obtenida [N]
(Rodríguez et al., 2016)	10x10x0,5	2,40	Extensómetro	Celda de carga de 5 [kN]	0,5	PLA: >160 [N]
Este trabajo	D: 6,35 E: 0,51	2,56	Mediante desplazamiento del punzón	Sensor de fuerza FG-3006 con celda de carga de 100 [N]	0,5	Clear: >100[N] Grey: >60 [N] High Temp: >80 [N]
ASTM F2977	D: 6,35 E: 0,51	2,54	-	-	0,5	-

Nota. D: Diámetro. E: Espesor

Conclusiones

La Mecatrónica, siendo una rama multidisciplinaria de la ingeniería, juega un papel primordial en el desarrollo de nueva tecnología y materiales avanzados.

Los parámetros de impresión afectan significativamente a la respuesta mecánica de partes impresas mediante estereolitografía, medida en términos de esfuerzo de tracción último y porcentaje de elongación.

La orientación de impresión fue un factor que afectó significativamente el valor de la resistencia mecánica, permitiendo comprobar la anisotropía de las partes impresas por SLA.

La plataforma de caracterización implementada para realizar el ensayo de microperforado permitió observar el comportamiento de las probetas bajo una fuerza de punzonado, consiguiendo en la mayoría de los casos deformar la probeta y en otros perforarla.

Antecedentes y
Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la
literatura

Metodología

Análisis de
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Recomendaciones

Antecedentes y
Justificación

Alcance

Realizar un control de calidad de equipos para el posprocesado y ensayo de probetas impresas por SLA.

Objetivos

Actualizar la plataforma de caracterización elaborada reemplazando el sensor de fuerza actual por uno con un rango de medición superior e incorporar un sensor tipo LVDT para medición del desplazamiento.

Revisión de la
literatura

Metodología

Realizar mediciones de otras variables que pueden influir en la resistencia mecánica de las partes impresas como la longitud de onda y potencia lumínica de poscurado, y profundidad de curado; las cuales juegan un rol importante en el proceso de fabricación de los moldes para intercambiadores de calor mediante cera perdida.

Análisis de
Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

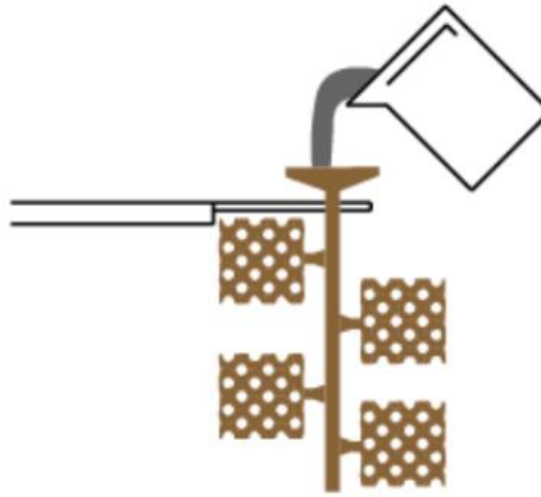
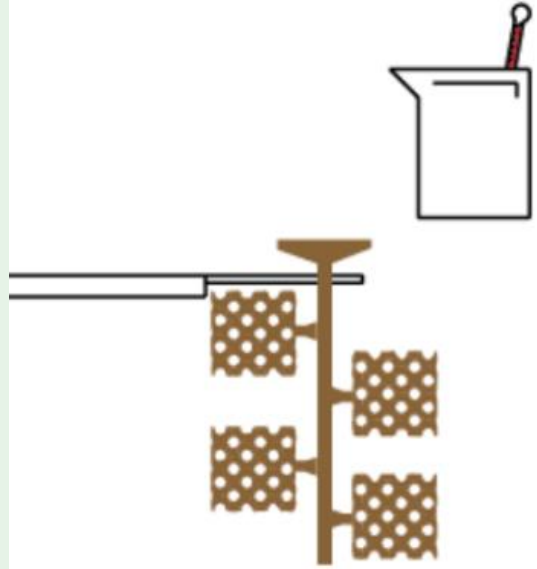
Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

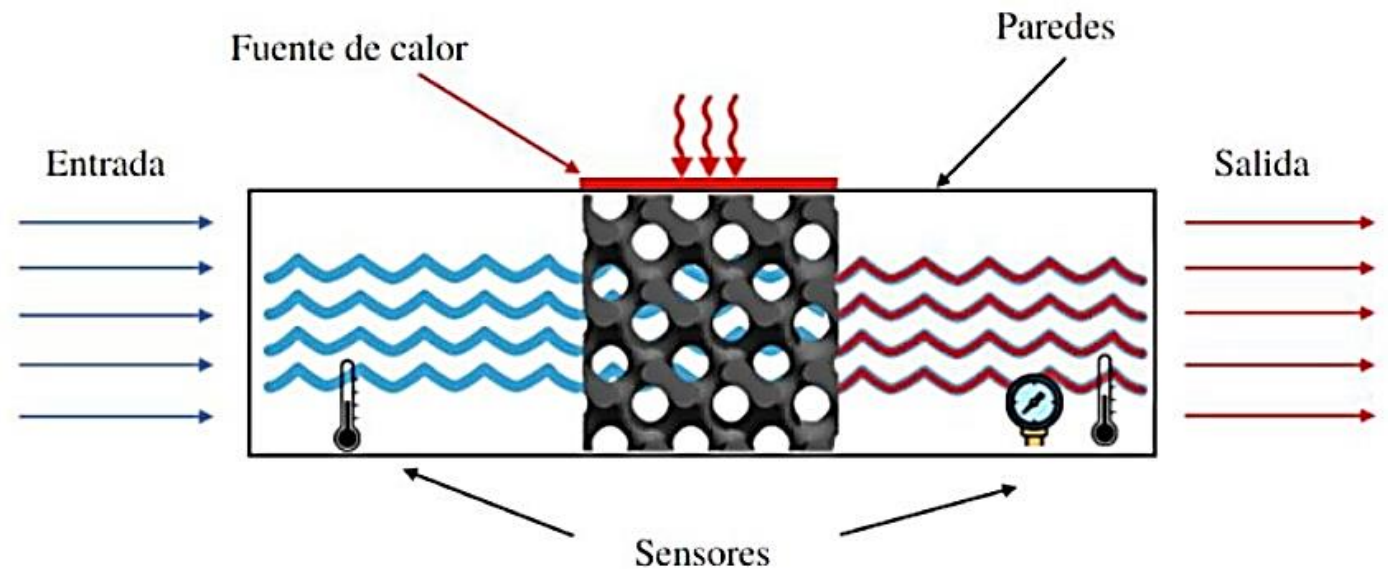
Trabajo futuro

Trabajo futuro



Fabricación de intercambiadores compactos mediante fundición por cera perdida

Evaluación del rendimiento térmico



Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

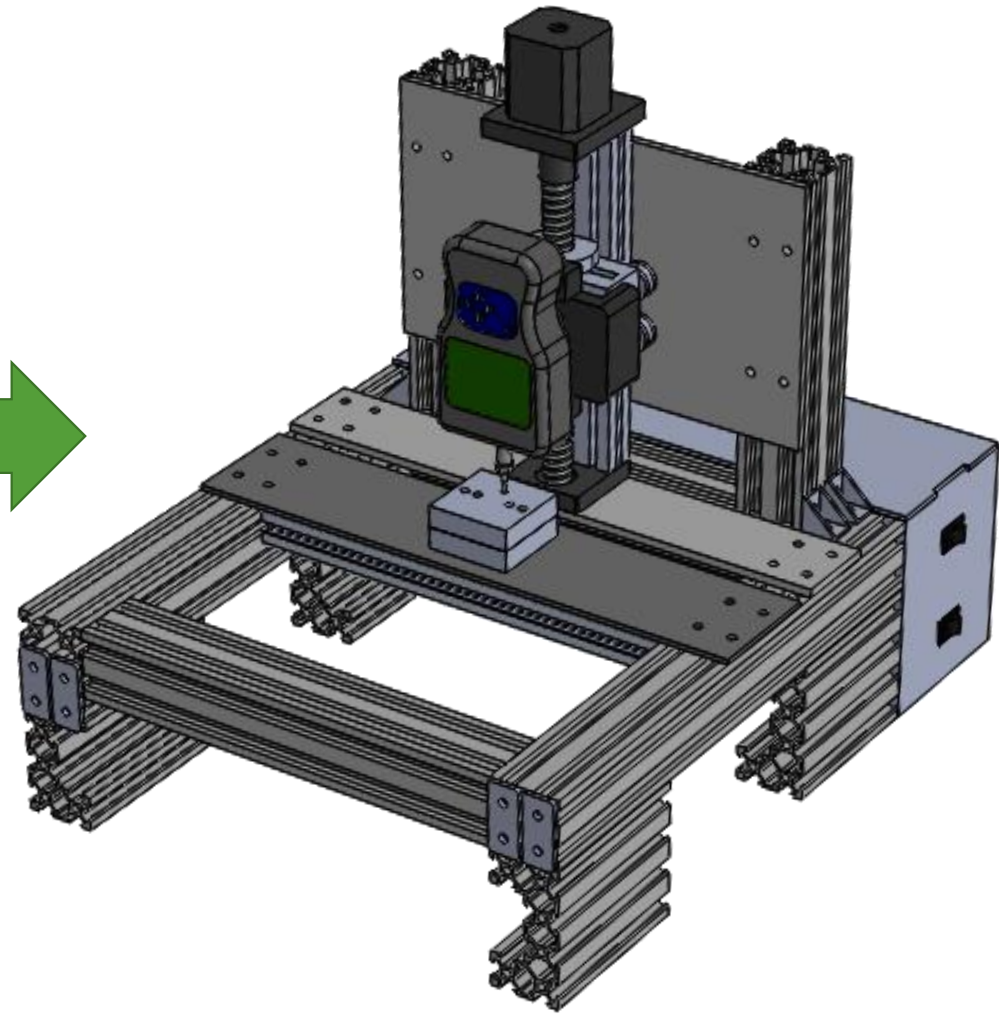
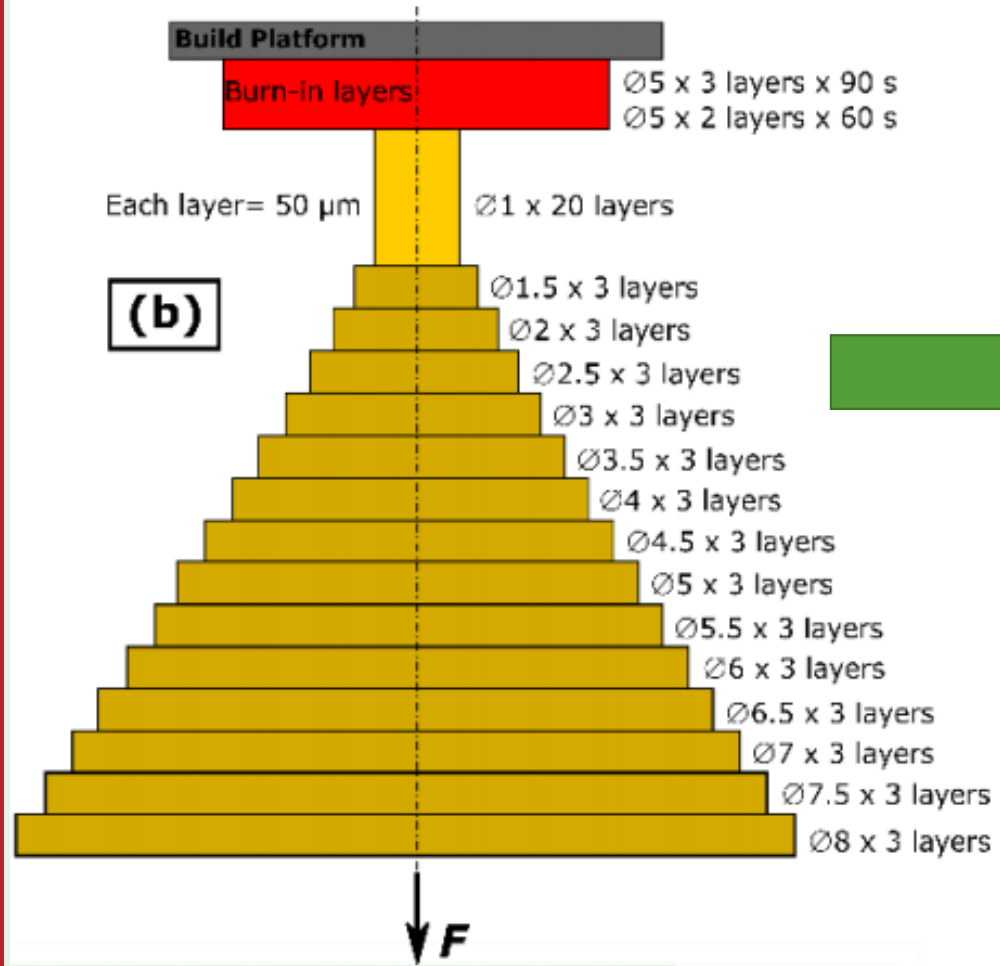
Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Trabajo futuro



(Tejeda-Alejandre et al., 2022)

El sistema de caracterización por microperforado serviría como un método rápido de evaluación de la fuerza de separación generada durante la impresión de fotoresinas

Antecedentes y Justificación

Alcance

Objetivos

Revisión de la literatura

Metodología

Análisis de Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Trabajo futuro

Publicación

Digital design and fabrication of two-dimensional soft lattice structures with genotype patterns

María Vallejo Bustamante

Departamento de Ciencias de la
Energía y Mecánica
Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE
Sangolquí, Ecuador
mjvallejo6@espe.edu.ec

Cintha P. Jiménez
Departamento de Ciencias de la
Energía y Mecánica
Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE
Sangolquí, Ecuador
cpjimenez3@espe.edu.ec

Hernan Lara-Padilla
Departamento de Ciencias de la
Energía y Mecánica
Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE
Sangolquí, Ecuador
hvlara@espe.edu.ec

ETCM 2022 Acceptance notification for paper 104

ETCM 2022 <etcm2022@easychair.org>
to me ▾

Thu, Aug 11, 2:28 PM (13 days ago) ☆ ↶

Dear Hernan Lara-Padilla,

We are pleased to inform you that your paper No. 104, title "Digital design and fabrication of two-dimensional soft lattice structures with genotype patterns" has been accepted by the Reviewers Committee Engineering in Medicine and Biology of the ETCM 2022. The Committee informs you that before 31 August 2022, you should make the changes suggested by the reviewers.

In a few days, we will send Camera-Ready instructions: how to use the PDF-Express tool, where you have to upload the approved version, and how to transfer copyright to IEEE.

With Warmest Regards

Fernando Carrera - Soraya Sinche

Technical Program Chairs
fernando.carrera@epn.edu.ec
soraya.sinche@epn.edu.ec



CALL FOR PAPERS

IEEE Ecuador Section have the privilege to introduce the 6th IEEE Ecuador Technical Chapters Meeting, an hybrid conference of great importance that aims to provide a comprehensive and highly prestigious venue for academics, engineers and researchers in particular from Ecuador Technical Chapters fields of expertise, which will be held on October 11-14th, 2022.

CONFERENCE SITE

<https://attend.ieee.org/etcm-2022/>

TRACKS

- ✓ Antennas and Propagation
- ✓ Circuits, Systems and Electronic Devices
- ✓ Communications
- ✓ Computational Intelligence
- ✓ Computer and Software Engineering
- ✓ Education in Engineering
- ✓ Engineering in Medicine and Biology
- ✓ Industrial Electronics
- ✓ Power and Energy
- ✓ Robotics and Automation Systems
- ✓ Smart Cities and Mobility
- ✓ Systems and Control
- ✓ Social issues and professional practice

IMPORTANT DATES

Papers Submission:
15 June 2022
Notification of Acceptance:
15 July 2022
Camera Ready Submissions:
15 August 2022

Organized by:



Co-organized with:



Supported by Ecuadorian chapters:





**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**



¿Preguntas?



Referencias

3D Newworld. (2018). LA GUÍA DE IMPRESIÓN DE ESTEREOLITOGRAFÍA (SLA) EN 3D. *3D Newworld*.

<https://3dnewworld.com/la-guia-de-impresion-de-estereolitografia-sla-en-3d/>

Cncgan. (2022). *Husillos*. <https://cncgan.com/husillo-de-bolas-de-16-05/>

Jacobs, P. F. (1992). *Rapid prototyping & manufacturing: Fundamentals of stereolithography*.

Society of Manufacturing Engineers.

Luis llamas. (2015). *Lectura de un potenciómetro con arduino*. <https://www.luisllamas.es/lectura-de-un-potenciometro-con-arduino/>

Mecesa. (s/f). *Automatización*. <http://mecesa.com.gt/catal1.html>

Nidec. (2017). *FG-3000 Digital Force Gauge. Operation Manual*.

Sculpteo. (2022). *FDM vs. SLA vs. SLS vs. DLS: Battle of the 3D technologies*. <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/3d-printing-technologies-and-processes/compare-fdm-sla-sls-dls/>

ZwickRoell GmbH & Co. KG. (2021). *Ensayo de tracción*. <https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-traccion/>