

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



**Evaluación de la aplicación de envases biodegradables a base de
ácido poliláctico en la vida útil de yogurt natural**
TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

AUTOR:

Bach. Figueroa Arriola, Angel Jacobo

ASESOR:

Dr. Castillo Martinez, Williams Esteward

DNI: 40169364

Código ORCID: 0000-0001-6917-1009

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2026

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente Informe para Título has sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro del trabajo de investigación, la tesis y el trabajo de suficiencia profesional conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D. N° 492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente:

**INFORME DE TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**«EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE ENVASES
BIODEGRADABLES A BASE DE ÁCIDO POLILÁCTICO EN LA VIDA
ÚTIL DE YOGUR NATURAL»**

AUTOR: Bach. Figueroa Arriola, Angel Jacobo



ASESOR

**DR. CASTILLO MARTÍNEZ WILLIAMS
ESTEWARD**

DNI 40169364

CÓDIGO ORCID: 0000-0001-6917-1009

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



CARTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente trabajo de tesis titulado **EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE ENVASES BIODEGRADABLES A BASE DE ÁCIDO POLILÁCTICO EN LA VIDA ÚTIL DE YOGUR NATURAL»** para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por el bachiller **FIGUEROA ARRIOLA ANGEL JACOBO**, con código de matrícula 0200712035, que tiene como asesor al Dr. **WILLIAMS ESTEWARD CASTILLO MARTÍNEZ**. Ha sido revisado y aprobado el día 09 de junio del 2025 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante resolución N° 085-2025-UNS-CFI. Revisado y evaluado por el siguiente jurado evaluador:

Dra. Luz María Paucar Menacho
Presidente

DNI: 08099817

CODIGO ORCID: 0000-0001-5349-6167

Dr. Castillo Martínez Williams Esteward
Secretario

DNI: 40169364

CODIGO ORCID: 0000-0001-6917-1009

Dr. Daniel Angel Sanchez Vaca
Integrante

DNI: 18146173

CODIGO ORCID: 0000-0003-4326-1852



FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 17:00 horas del día nueve de junio del año dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 2er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 085-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- Dr. Luz María Paucar Menacho (Presidente)
- Dr. Castillo Martínez Williams Esteward (Secretario)
- Dr. Daniel Angel Sanchez Vaca (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: "EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE ENVASES BIODEGRADABLES A BASE DE ÁCIDO POLILÁCTICO EN LA VIDA ÚTIL DE YOGUR NATURAL", elaborado por el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial:

• FIGUEROA ARRIOLA ANGEL JACOBO

Asimismo, tienen como Asesora al docente: Dr. Castillo Martínez Williams Esteward

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
ANGEL JACOBO FIGUEROA ARRIOLA	18	BUENO

Siendo las 18:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 09 de junio de 2025


Dra. Luz María Paucar Menacho
Presidente


Dr. Castillo Martínez Williams Esteward
Secretario


Dr. Daniel Angel Sanchez Vaca
Integrante

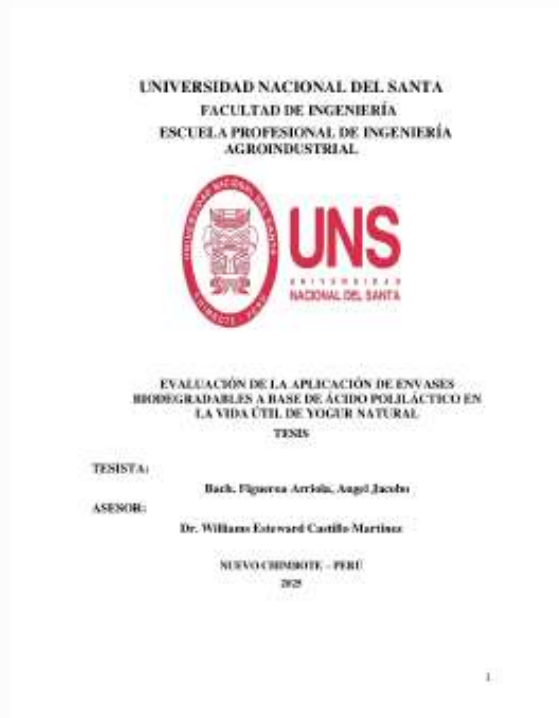


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	user user
Título del ejercicio:	EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE ENVASES BIODEGRADABL...
Título de la entrega:	Tesis Figueroa desarrollo.docx
Nombre del archivo:	Tesis_Figueroa_desarrollo.docx
Tamaño del archivo:	6.65M
Total páginas:	100
Total de palabras:	16,024
Total de caracteres:	85,442
Fecha de entrega:	07-mar.-2025 01:56p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2608192546



Tesis Figueroa desarrollo.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

2

Submitted to Universidad de Córdoba

Trabajo del estudiante

1%

3

Jorge Mauricio Fuentes Fuentes. "Estudio y diseño de materiales de impresión 3d que soporten los sistemas de esterilización médicos", Universitat Politecnica de Valencia, 2022

Publicación

1%

4

todoenpolimeros.com

Fuente de Internet

<1%

5

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1%

6

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

EDUARDO FAGES SANTANA. "INVESTIGACIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO ADITIVADAS CON NANOPARTÍCULAS DE PLATA PARA LA MEJORA DE PROPIEDADES BIOACTIVAS EN EL

<1%

DEDICATORIA

A Dios, por su amor incondicional, por cuidarme todo este tiempo, por levantarme cuando he caído, por la familia unida que me brindó, y porque gracias a él llegue donde estoy y sin él nada fuera posible.

A mi madre Gioconda Arriola y a mi padre Raúl Figueroa por su gran esfuerzo, dedicación, confianza y su apoyo incondicional.

A Doris Rubiños por el amor y paciencia, la confianza y el apoyo constante.

ANGEL FIGUEROA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a ***Doris Rubiños Salazar*** por motivarme, animarme y ser mi fortaleza, durante todo el transcurso de la elaboración del siguiente proyecto de tesis. gracias a ella soy mejor persona día tras día, además de brindarme todo su cariño y apoyo incondicional en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

AGRADECIMIENTO	VIII
RESUMEN	XVIII
ABSTRACT	XIX
I. INTRODUCCIÓN	20
1.2. Formulación de hipótesis	21
1.2.1. Hipótesis General	21
1.2.2. Metodología.....	21
Tipo de Investigación	21
Población y muestra	21
II. MARCO TEORICO.....	22
2.1. Planteamiento del problema	22
2.2. Marco referencial	24
2.2.1 Antecedentes	24
2.2.3. Temario Referencial	29
2.3. Objetivos de la investigación	34
2.3.1 Objetivo General	34
2.3.2 Específicos	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1. Lugar de ejecución	35
3.2. Materiales	35
3.2.1. Materia prima	35
3.2.2. Insumos.....	35
3.2.3. Equipos	36
3.2.4. Materiales de laboratorio	37
3.2.5. Otros materiales.....	37
3.3. Métodos de análisis	42
3.3.1. Caracterización de la materia prima de los envases biodegradables	42
3.3.2. Determinación de los parámetros de impresión 3d de los envases biodegradables.....	60
3.3.3. Caracterización del yogurt natural.....	62
3.4. Metodología.....	65

3.4.1. Elaboración de Filamento 3d, a base de Pellets de Ácido Poliláctico (PLA), ion de cobre (Cu^+) y ion de plata (Ag^+)	65
3.4.2. Proceso de desarrollo y fabricación de envases biodegradables a partir de ácido poliláctico (PLA)	68
3.4.3. Elaboración de Yogur Natural	69
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	70
4.1. Determinación de propiedades físicas de los envases de ácido poliláctico.	70
4.2. Determinación de propiedades térmicas de los envases de ácido poliláctico.	71
4.3. Determinación de propiedades mecánicas de los envases de ácido poliláctico.	75
4.4. Determinación de los parámetros de impresión 3d de los envases biodegradables.	80
4.5. Caracterización del yogurt natural.	83
4.6. Evaluación de la vida útil del yogurt natural en envases biodegradables a base de ácido poliláctico (PLA)	84
4.6.1. Evaluación Fisicoquímica	84
4.6.1.1. Determinación del tiempo de vida útil del para yogurt natural, en función del atributo: pH.	84
a. Evaluación Microbiológica	102
V. CONCLUSIONES	103
VI. RECOMENDACIONES	103
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	104
VIII. ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Característica y dimensiones de La máquina extrusora de filamento de impresora 3D Songhu.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 2: La composición de nuestra máquina extrusora de filamento SongHu 3d</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 3: Resultado de Las propiedades físicas del filamento a base de ácido poliláctico.</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 4: Determinación de propiedades térmicas de ácido poliláctico.</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 5: Determinación de propiedades mecánicas de los envases a base de ácido poliláctico.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 6: Determinación de los parámetros de impresión 3d de los envases biodegradables.</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 7: Dimensiones del envase impreso; el envase forma de botella optimizada</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 8: El tiempo ni el consumo del material durante el proceso de impresión de los envases de ácido poliláctico.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 9: Resultados de Análisis físico-Químicos y Evaluación Microbiológica del yogur natural.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 10: Resultados de la a. Determinación de pH de los envases de ácido poliláctico.</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 11: Datos experimentales de Y en $f(x)$, para el pH en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 12: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$ para el pH en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 13: Datos experimentales de Y en $f(x)$, para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de Cobre (PLA ion Cu^{+}) para yogur natural.</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 14: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$. para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de Cobre (PLA ion Cu^{+}) para yogur natural.</i>	<i>90</i>

<i>Tabla 15: Datos experimentales de Y en $f(x)$, para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag^+) para yogur natural.</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 16: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$. para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag^+) para yogur natural.</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 17: Resultados de Determinación de Acidez Titulable de los envases de ácido poliláctico.</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 18: Datos experimentales de Y en $f(x)$, para la Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 19: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$.</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 20: Datos experimentales de Y en $f(x)$, para a la Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de Cobre (PLA ion Cu^+) para yogur natural.</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 21: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$. para a la Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de Cobre (PLA ion Cu^+) para yogur natural.</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 22: Datos experimentales de Y en $f(x)$, para la acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag^+) para Yogur natural.</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 23: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$. para la acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag^+) para Yogur natural</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 24: Resultados obtenidos en Evaluación Microbiológica</i>	<i>102</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Proceso de calibración de impresora 3d, modelo K1, marca Creality. (el proceso de calibración según diferentes dimensiones de calibración) parte 1.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 2: Proceso de calibración Proceso de calibración (el proceso de calibración según diferentes dimensiones de calibración) parte 2.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 3: Lectura de torre de temperatura para ácido poliláctico (PLA).....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 4: Ajuste fino/grueso del caudal para ácido poliláctico.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 5: Parámetros de flujo para ácido poliláctico (PLA).</i>	<i>49</i>
<i>Figura 6: resultado optimo de impresión se desprende que cuando el parámetro de flujo para ácido poliláctico (PLA).....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 7: Ajuste aproximado del flujo, obtenemos el porcentaje de extrusión del flujo para obtener los mejores resultados de impresión parte 1.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 8: ajuste aproximado del flujo, obtenemos el porcentaje de extrusión del flujo para obtener los mejores resultados de impresión parte 2.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 9: ajuste aproximado del flujo, obtenemos el porcentaje de extrusión del flujo para obtener los mejores resultados de impresión parte 3.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 10: Diagrama esquemático de la entrada para ajustar los parámetros de los consumibles.</i>	<i>53</i>
<i>Figura 11: Diagrama esquemático del ajuste de los parámetros de los consumibles según la diferencia en el porcentaje de flujo entre los ajustes grueso y fino.</i>	<i>53</i>
<i>Figura 12: Prueba de torre de PA predeterminada, configuración del rango de PA, inicio del proceso de calibración.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 13: Establezca el rango PA para comparar el efecto de impresión de diferentes rangos.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 14: Código G del modelo de prueba de PA.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 15: Valor PA óptimo calibrado para modificar.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 16: Calibrado para modificar los parámetros internos del software parte 1....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 17: Calibrado para modificar los parámetros internos del software parte 2....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 18: Procedimiento de calibración del caudal volumétrico máximo.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 19: Función de calibración del volumen de flujo máximo.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 20: Análisis del efecto de impresión real del caudal máximo.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 21: Aplicación de parámetros de impresión 3d obtenidos para PLA.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 22: Diagrama de flujo de sistema de formación de filamentos a base de PLA.</i>	<i>65</i>

Figura 23: Diagrama de flujo de los equipos para extrusión de filamentos.	66
Figura 24: Diagrama de flujo de área de trabajo para extrusión de filamentos.....	67
Figura 25: diagrama de flujo de Proceso de desarrollo y fabricación de envases biodegradables a partir de ácido poliláctico.	68
Figura 26: Diagrama de Elaboración de Yogur Natural.	69
Figura 27: Gráficos de medias temperatura de transición vítrea (°C) de los envases de ácido poliláctico.	72
Figura 28: Gráficos de medias temperatura de transición fusión (°C) de los envases de ácido poliláctico.	73
Figura 29: Gráficos de medias temperatura de reblandecimiento vicat (°C) de los envases de ácido poliláctico.	73
Figura 30: Gráficos de medias temperatura de deflexión del calor (°C) de los envases de ácido poliláctico.	74
Figura 31: Gráficos de medias temperatura de deflexión térmica (°C) de los envases de ácido poliláctico.	74
Figura 32: Diseño de piezas impresas en 3d para muestras de ensayos para la determinación de propiedades físicas.	76
Figura 33: Gráficos de medias el módulo de Young (X -Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.	77
Figura 34: Gráficos de medias resistencia a la tracción (X -Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.	78
Figura 35: Gráficos de medias resistencia a la tracción (Z) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.	78
Figura 36: gráficos de medias elongación de rotura (X -Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.	79
Figura 37: Gráficos de medias módulo de flexión (X-Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.	79
Figura 38: Gráficos de medias resistencia a la flexión (X -Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.	80
Figura 39: gráficos de medias resistencia al impacto Charpy (X -Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.	80
Figura 40: Dimensiones impreso cuerpo del envase.	82
Figura 41: Dimensiones de la tapa el envase impreso.	82
Figura 42: Gráficos de medias pH Dia 3, yogur natural, en distintos envases de PLA.	85

Figura 43: Gráficos de medias pH Dia 6, yogur natural, en distintos envases de PLA.	85
Figura 44: Gráficos de medias pH Dia 9, yogur natural, en distintos envases de PLA.	86
Figura 45: Gráficos de medias pH Dia 12, yogur natural, en distintos envases de PLA.	86
Figura 46: Gráficos de medias pH Dia 15, Yogur natural, en distintos envases de PLA.	86
Figura 47: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural para el pH en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.	88
Figura 48: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de cobre (PLA ion Cu ⁺) para yogur natural.	90
Figura 49: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural, en distintos envases de PLA para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag ⁺) para yogur natural.	92
Figura 50: Gráficos de acides titulable día 3, yogur natural, en distintos envases de PLA.	93
Figura 51: Gráficos de acides titulable día 6, yogur natural, en distintos envases de PLA.	94
Figura 52: Gráficos de Acides titulable Dia 9, Yogur natural, en distintos envases de PLA	94
Figura 53: Gráficos de acides titulable día 12, yogur natural, en distintos envases de PLA.	94
Figura 54: Gráficos de acides titulable día 15, yogur natural, en distintos envases de PLA.	95
Figura 55: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural ella Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.	97
Figura 56: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural ella Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de Cobre (PLA ion Cu ⁺) para yogur natural.	99
Figura 57: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural ella Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag ⁺) para yogur natural.	101

Mbvutd69 mbftfdgv

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: <i>Materia Prima de Envases Biodegradables, Pellets de ácido poliláctico (PLA)</i>	
.....	107
Anexo 2: <i>Equipo Impresora 3d Core XY, modelo K1, marca Creality, tecnología FDM.</i>	
.....	107
Anexo 3: <i>Prototipado de envases, tipo botella a base de Ácido Poliláctico</i>	107
Anexo 4: <i>pruebas iniciales de impresión 3d, con el ácido poliláctico.</i>	108
Anexo 5: <i>Homogeneización y secado de los Pellets de Ácido poliláctico.</i>	109
Anexo 6: <i>elaboración de filamento para impresión 3d a base de Acido poliláctico...</i>	110
Anexo 7: <i>sistema de embobinado de filamento 3d.</i>	112
Anexo 8: <i>ácido Poliláctico en Filamento 3d y envases finales obtenido por impresión 3d.</i>	
.....	113
Anexo 9: <i>Elaboración de yogur natural, Planta piloto Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa.</i>	114
Anexo 10: <i>Desinfección de envases biodegradables a base de PLA.</i>	116
Anexo 11: <i>Envasado de envases biodegradables a base de PLA.</i>	117
Anexo 12: <i>Almacenamiento de envases biodegradables a base de PLA.</i>	118
Anexo 13: <i>Resultados propiedades térmicas para 3 tipos diferentes de PLA.</i>	119
Anexo 14: <i>Tabla ANOVA para Transición Vítrea (°C) por Tipo de material.</i>	119
Anexo 15: <i>Tabla ANOVA para Fusion (°C) por Tipo de material.</i>	120
Anexo 16: <i>Tabla ANOVA para Reblandecimiento Vicat (°C) por Tipo de material.</i>	120
Anexo 17: <i>Tabla ANOVA para Deflexión Del Calor (°C) por Tipo de material.</i>	121
Anexo 18: <i>Tabla ANOVA para Deflexión Térmica (°C) por Tipo de material.</i>	121
Anexo 19: <i>Resultados propiedades térmicas para 3 tipos diferentes de PLA.</i>	122
Anexo 20: <i>Tabla ANOVA para Modulo de El Módulo De Young (X -Y) por Tipo Material</i>	
.....	123
Anexo 21: <i>Tabla ANOVA para Resistencia A La Tracción (X -Y) por Tipo Material.</i>	123
Anexo 22: <i>Tabla ANOVA para Resistencia A La Tracción (Z) por Tipo Material.</i>	124
Anexo 23: <i>Tabla ANOVA para Elongación De Rotura (X -Y) por Tipo Material.</i>	124
Anexo 24: <i>Tabla ANOVA para Módulo De Flexión (X-Y) por Tipo Material.</i>	125
Anexo 25: <i>Tabla ANOVA para Resistencia a La Flexión (X-Y) por Tipo Material.</i>	125

Anexo 26: Tabla ANOVA para Resistencia Al Impacto Charpy (X -Y) por Tipo Material	126
Anexo 27: Resultados de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA	126
Anexo 28: Tabla ANOVA para Dia 3 para material de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	127
Anexo 29: Tabla ANOVA para Dia 6 para de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	127
Anexo 30: Tabla ANOVA para Dia 9 para de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	128
Anexo 31: Tabla ANOVA para Dia 12 para de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	128
Anexo 32: Tabla ANOVA para Dia 15 para de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	129
Anexo 33: Resultados para acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.	129
Anexo 34: Tabla ANOVA para Dia 3 para acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	130
Anexo 35: Tabla ANOVA para Dia 6 para acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	130
Anexo 36: Tabla ANOVA para Dia 9 para acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	131
Anexo 37: Tabla ANOVA para Dia 12 para acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	131
Anexo 38: Tabla ANOVA para Dia 15 para acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	132
Anexo 39: Tiempo de Vida Util para Atributo pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	132
Anexo 40: Tiempo de vida util atributo acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.....	136

RESUMEN

En la presente investigación tuvo como objetivo principal la evaluación de la aplicación de tres tipos diferente de materiales, de envases biodegradables a base de ácido poliláctico en la vida útil de yogur natural.

Como materia prima de los envases, se utilizó el ácido poliláctico obtenido de almidón de maíz, y a partir de ello, se desarrolló 3 materiales diferentes, siendo estos: PLA (1.17 g/cm^3 at 23°C), PLA con Iones de cobre (1.24 g/cm^3 at 23°C), y PLA con Iones de plata (1.31 g/cm^3 at 23°C), y a través de un proceso de extrusión, se pasó de Pellets a filamento 3d de 1.75 mm de diámetro, y se caracterizó sus propiedades mecánicas y térmicas para determinar sus parámetros óptimos de impresión, PLA (200°C), PLA con Iones de cobre (195°C), y PLA con Iones de plata (190°C), teniendo buena propiedades físicas y sin deformarse a temperaturas menores a 60°C , Se determinó sus parámetros para imprimirlos en la impresora 3d de la marca Creality modelo K1, y una vez impreso los envases biodegradables para 180g, se procedió al envasado de yogur natural, elaborado en la planta piloto agroindustrial. Para evaluar el tiempo de vida útil del yogurt natural, en un periodo 15 días a 5°C .

Palabras clave: almidón de maíz, ácido polilactico, envases biodegradables y yogurt.

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the application of three different types of biodegradable packaging materials based on polylactic acid on the shelf life of natural yogurt. As raw material for the containers, polylactic acid obtained from corn starch was used, and from it, 3 different materials were developed, these being: PLA (1.17 g / cm³ at 23 ° C), PLA with copper ions (1.24 g / cm³ at 23 ° C), and PLA with silver ions (1.31 g / cm³ at 23 ° C), and through an extrusion process, it went from Pellets to 3d filament of 1.75 mm diameter, and its mechanical and thermal properties were characterized to determine its optimal printing parameters, PLA (200 ° C), PLA with copper ions (195 ° C), and PLA with silver ions (190 ° C), having good physical properties and without deforming at temperatures below 60 ° C, Its parameters were determined to print them on the Creality brand 3d printer model K1, and once the biodegradable containers were printed For 180g, natural yogurt was packaged, produced in the agro-industrial pilot plant. To evaluate the shelf life of natural yogurt, over a period of 15 days at 5 °C.

Keywords: corn starch, polylactic acid, biodegradable packaging, and yogurt.

I. INTRODUCCIÓN

El extraordinario crecimiento y el interés por la utilización de biopolímeros están relacionados con una gran cantidad de factores, incluido el consumidor. la demanda de productos más ambientalmente sostenibles, el desarrollo de nuevas materias primas de origen biológico y, especialmente, el aumento de las restricciones para el uso de polímeros con un alta “huella de carbono” de origen petroquímico, particularmente en aplicaciones como embalaje, industria del automóvil, eléctrica y electrónica, etc. En este contexto Se espera que los nuevos avances tecnológicos conduzcan al auge del mercado de los biopolímeros, no sólo en los sectores tradicionales como el embalaje. (Benhacine, Hadj-Hamou, Habi, & Grohens, 2015)

A medida que cada vez más los consumidores son más conscientes de la importancia del problema de los desechos municipales y demandan el uso de materiales de empaque biodegradables y compostable, al comprar sus alimentos, Los polímeros de embalaje no solo dependen de la evaluación de las propiedades estándar del polímero, sino también de la reciclabilidad y sostenibilidad de estos polímeros. (Auras, Singh, & Singh, 2005).

Teniendo en cuenta el enorme consumo de productos lácteos, es deseable la aplicación de envases biodegradables y compostables. El ácido poliláctico (PLA) es uno de los materiales sostenibles más estudiado para contacto con alimentos. Una de las características del PLA es que es un material biodegradable además es ambientalmente sostenible porque se obtiene a partir de recursos renovables como la papa, el maíz, el trigo, productos de tapioca o cañas de azúcar, todo producto que contenga almidón, lo que convierte al PLA en una alternativa sostenible a los materiales utilizados como envase actualmente. (Mikloskova, Witte, Joeres, & Terjung, 2021)

El yogur es un producto de leche fermentada ampliamente consumido en todo el mundo. Para preservar su calidad durante el almacenamiento y, en particular, sus características fisicoquímicas y sensoriales, el material del envase es fundamental. Sin embargo, debido al corto tiempo de almacenamiento y a la baja temperatura condiciones de almacenamiento, la influencia de las propiedades del material del envase de los productos lácteos frescos no se ha estudiado adecuadamente. (Willige, Linssen, & Voragen, 2000)

Con base en lo anterior y tomando en consideración que se encuentra poca información de investigaciones sobre tipos diferentes de PLA y su interacción con la vida útil del yogur natural, se plantea para la investigación a desarrollarse, la siguiente interrogante ¿la aplicación de envases biodegradables a base de ácido poliláctico afectara en la vida útil de yogur natural?

1.2. Formulación de hipótesis

1.2.1. Hipótesis General

H₁: El tipo de envases biodegradables a base de ácido poliláctico (PLA) inciden de forma significativa en la vida útil de yogur natural

H₀: El tipo de envases biodegradables a base de ácido poliláctico (PLA) no inciden de forma significativa en la vida útil de yogur natural.

1.2.2. Metodología

Tipo de Investigación

Cuantitativo. aplicado

Diseño de la Investigación

Cuantitativa y experimental

Población y muestra

En la investigación se aplicará una población constituida por 45 Litros de Yogur natural elaborado en la Planta Piloto Agroindustrial. La muestra en este caso estará conformada por el total de la población, considerando en ello la obtención de muestras aleatorias para la realización de las pruebas correspondientes, en tres replicaciones para cada caso de estudio.

II. MARCO TEORICO

2.1. Planteamiento del problema

Actualmente con el enorme consumo de productos lácteos, como el Yogur, es deseable la aplicación de envases biodegradables y compostables, características más respetuosas con el medio ambiente. Para preservar su calidad durante el almacenamiento sus propiedades fisicoquímicas y características sensoriales, el material del envase es fundamental. (Bouzidi, Guessoum, Fois, & Haddaoui, 2017)

El ácido poliláctico (PLA) es uno de los materiales sostenibles más estudiado para contacto con alimentos. El PLA es un polímero biodegradable y se obtiene por un proceso de polimerización del ácido láctico a partir de recursos renovables como almidón de maíz, lo que convierte al PLA en una alternativa sostenible a los materiales de embalaje que se utilizan actualmente. Sin embargo, la influencia de las propiedades del PLA en la evolución de los productos lácteos como el yogur durante su almacenamiento no se ha estudiado adecuadamente. (Ilyas, y otros, 2021)

Los plásticos han seguido siendo el material más usado, La producción mundial anual de plástico actualmente es mayor a los 335 millones de toneladas, más del 40% de las cuales se utiliza para la producción de envases de un solo, una gran proporción termina en el medio ambiente donde persisten durante siglos. La industria del embalaje es el mayor y creciente consumidor de plásticos sintéticos derivados de combustibles fósiles (Groh, et al., 2019).

La acumulación sin precedentes de desechos plásticos constituye una seria amenaza para la biosfera, y los esfuerzos de reciclaje actuales no están cumpliendo su promesa. Por lo tanto, se necesitan con urgencia reemplazos para los plásticos sintéticos, lo que ha llevado a un rápido crecimiento en la investigación en torno al desarrollo de materiales sostenibles, como los bioproductos. Aun así, la comercialización ha sido limitada, ya que es necesario superar las brechas de conocimiento que separan la investigación financiada con fondos públicos de la implementación industrial. (Mikloskova, Witte, Joeres, & Terjung, 2021)

El sector del envasado de alimentos está experimentando transformaciones drásticas en la eliminación gradual de los plásticos y, por lo tanto, puede proporcionar un modelo para catalizar la adopción de bioproductos que podrían aplicarse a otros. (Auras, Singh, & Singh, 2005)

Envasado de alimentos los plásticos representan la mayor parte de los desechos plásticos que contaminan el medio ambiente. Adicionalmente, Preocupaciones sobre

el problemas ambientales y agotamiento de los recursos petroquímicos causados por los plásticos no biodegradables estimulados para producir materiales biopoliméricos biodegradables, renovables y ecológicos existe la necesidad de desarrollar materiales alternativos que pueden servir para el mismo propósito que los plásticos convencionales. (Ncube, Albert, Ogunmuyiwa, Zulkifli, & Beas, 2020).

El uso masivo de plásticos sintéticos, especialmente en el campo de envasado de alimentos, tiene un alto impacto en el medio ambiente, y se requieren materiales alternativos más ecológicos. El ácido Poliláctico (PLA) se a estudiado ampliamente como reemplazo potencial para los no degradables. polímeros petroquímicos sobre la base de su accesibilidad, características adecuadas como envase de alimentos y precio competitivo. Sin embargo, las características del polímeros presenta algunos inconvenientes para su uso en envases y deben adaptarse a los requisitos del envasado de alimentos. Las películas de PLA son muy vulnerables y aportan poca resistencia a la permeación de oxígeno. Su combinación como películas multicapa podría proporcionar propiedades más adecuadas para envases en función de sus características complementarias. Las principales características de PLA en términos ademas de las propiedades de barrera y mecánicas de sus películas, tiene ventajas en sus combinaciones, mediante estrategias de multicapa, han sido analizadas, identificando componentes o procesos que favorezcan la compatibilidad polimérica y el buen desempeño de los materiales combinados. Las propiedades de algunas mezclas/combinaciones se han discutido en comparación con los de las películas de polímero puro. (Muller, González-Martínez, & Chiralt, 2017)

El ácido poliláctico (PLA) es la materia prima más utilizada en la impresión tridimensional (3D) basada en extrusión (modelado por deposición fundida, enfoque FDM) en muchas áreas, ya que es biodegradable y respetuoso con el medio ambiente, sin embargo su utilización es limitada debido a algunos de sus desventajas como debilidad mecánica, tasa de solubilidad en agua, etc. FDM es un método simple y más Proceso de fabricación rentable en comparación con otras técnicas de impresión 3D. Desafortunadamente hay deficiencias del enfoque FDM, como la debilidad mecánica de las piezas FDM en comparación con Las piezas producidas mediante los métodos convencionales de moldeo por inyección y compresión. (Auras, Singh, & Singh, 2005)

Preparación de Los composites de PLA con aditivos adecuados es la técnica más útil para mejorar las propiedades de las piezas de PLA impresas en 3D obtenidas mediante el método FDM. En la última década, el PLA recientemente desarrollado los compuestos encuentran grandes áreas de uso tanto en los círculos académicos como industriales. Esta revisión se centra en la química y las propiedades del PLA puro y también los métodos de preparación de los compuestos de PLA que será utilizado como materia prima en impresoras 3D. Los principales inconvenientes de los filamentos de PLA puro y la necesidad de preparar compuestos de PLA que se emplearán en el sistema basado en FDM. (Villadiego, Tapia, Useche, & Macías, 2021)

Las aplicaciones de impresión 3D también se analizan en la primera parte. Los métodos actuales para obtener PLA Se proporcionan compuestos como materias primas para ser utilizados como filamentos en la impresión 3D basada en extrusión. en la segunda parte. Las aplicaciones de los novedosos compuestos PLA mediante la utilización del 3D basado en FDM (Auras, Singh, & Singh, 2005)

2.2. Marco referencial

2.2.1 Antecedentes

Mikloskova, Witte, Joeres, & Terjung (2021) analizó como material de envasado sostenible para yogur batido natural. PLA y poliestireno Los vasos (PS) se llenaron y sellaron con película PLA transparente o tapas de aluminio respectivamente y se almacenaron durante 42 días con y sin exposición a la luz ($2,4 \pm 0,4$ C; $78,8 \pm 5,4\%$ de humedad relativa). Influencia de envasado sobre la calidad del yogur se evaluó midiendo el pH, contenido de agua, viscosidad, color, oxígeno del espacio de cabeza y valor de peróxido, y por análisis sensorial y microbiano. El contenido de agua y la viscosidad se mantienen estables durante el almacenamiento. En comparación con PS, la concentración de oxígeno en el espacio libre de PLA disminuyó ligeramente. Las imágenes del microscopio electrónico de barrido no mostraron cambios materiales atribuibles al yogur. Los resultados mostraron que los envases opacos como el PLA podrían usarse en el yogur para evitar los cambios de color inducidos por la luz, la pérdida de vitaminas y la oxidación de lípidos. (Mikloskova, Witte, Joeres, & Terjung, 2021)

Petchwattana & Naknaen (2016) investigó la influencia del tiempo de almacenamiento y el tipo de material de embalaje polimérico sobre la química,

física y microbiológica Propiedades del yogur cuajado. En primer lugar, se modificó el poli(ácido láctico) (PLA) utilizando un núcleo de caucho (CSR) y un coadyuvante de procesamiento acrílico (PA) para producir PLA con alta tenacidad y buena procesabilidad. En segundo lugar, una adecuada Se seleccionó la composición PLA/PA/CSR y se fabricó en una taza de yogur. El El yogur se almacenó en envases de PLA modificado y polipropileno (PP) para observar algunos cambios físicos, químicos y biológicos. Finalmente, el Se realizó una prueba de biodegradación en ambos paquetes y se comparó con esa celulosa. Los resultados experimentales revelaron que al agregar 5% en peso de CSR se obtuvo PLA/PA tan duro como el PP. Los tipos de material de empaque y el tiempo de almacenamiento no cambiaron el color del yogur. El número de bacterias del ácido láctico creció significativamente después se habían incubado durante 6 días. La viabilidad bacteriana disminuyó dramáticamente debido al aumento de la acidez y la disminución del pH. Un positivo Se encontró un impacto en la viabilidad del crecimiento bacteriano cuando el yogur se almacenó en Paquete PLA modificado. Esto hizo que el yogur tuviera más beneficios para la salud que los almacenados en paquete de PP. Los resultados de la prueba de biodegradación indicaron que el PLA modificado degradado a un ritmo rápido. Alcanzó aproximadamente un 50% de biodegradación en 40 días que era comparable al tiempo requerido para degradar la celulosa, mientras que el PP no fue biodegradable durante el período estudiado. En resumen, la sustitución del PP convencional por un novedoso PLA modificado parece ser una mejor manera tanto para la salud como para el medio ambiente. (Petchwattana & Naknaen, 2016)

Jin & Zhang (2008) evaluó el polímero de ácido poliláctico biodegradable (PLA) para su aplicación como material para el envasado de alimentos antimicrobianos. Las películas de PLA se incorporaron con nisina para controlar los patógenos transmitidos por los alimentos. Se evaluó la actividad antimicrobiana de películas de PLA/nisina contra *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella Enteritidis* en medios de cultivo y alimentos líquidos (jugo de naranja y clara de huevo líquida). La micrografía electrónica escaneada y la microscopía láser confocal revelaron que las partículas de nisina se distribuyeron uniformemente en la matriz de polímero PLA en la superficie y en el interior de las películas PLA/nisina. PLA/nisina inhibió significativamente el crecimiento de *L. monocytogenes* en medio de cultivo y clara de huevo líquida. La mayor inhibición

se produjo a las 24 h, cuando los recuentos de células de *L. monocytogenes* en las muestras de PLA/nisina fueron 4,5 log CFU/mL menos que los controles. PLA/nisina redujo la población celular de *E. coli* O157:H7 en jugo de naranja de 7,5 a 3,5 log a las 72 h, mientras que el control se mantuvo en alrededor de 6 log CFU/mL. El tratamiento con PLA/nisina dio como resultado una reducción logarítmica de 2 de *S. Enteritidis* en clara de huevo líquida a 24 °C. Después de 21 días a 4 °C, la población de *S. Enteritidis* de la clara de huevo líquida tratada con PLA/nisina (3,5 log CFU/mL) fue significativamente menor que la del control (6,8 log CFU/mL). *E. coli* O157:H7 en jugo de naranja fue más sensible a los tratamientos con PLA/nisina que en medio de cultivo. Los resultados de esta investigación demostraron la retención de la actividad de la nisina cuando se incorpora al polímero PLA y su eficacia antimicrobiana contra los patógenos transmitidos por los alimentos. La combinación de un biopolímero y una bacteriocina natural tiene potencial para su uso en el envasado de alimentos antimicrobianos. (Jin & Zhang, 2008)

Pankaj, et al. (2014) Evaluó la idoneidad del PLA como material de envasado de alimentos para frío tratamiento con plasma Caracteriza el efecto del plasma DBD en el material de envasado cuando se utiliza para el envasado descontaminación de alimentos. Su investigación ofrece una alternativa prometedora a los métodos clásicos. utilizado en industrias de frutas y verduras donde el plasma DBD en el paquete puede servir como una descontaminación efectiva proceso y evita cualquier Re contaminación posterior al proceso o peligros del propio paquete. El plasma de aire de descarga de barrera dieléctrica (DBD) es una técnica novedosa para la descontaminación de alimentos en el paquete, pero aún no se ha aplicado al material de embalaje. Caracterización de películas comerciales de ácido poliláctico (PLA) se realizó después del tratamiento con plasma DBD en el paquete a diferentes voltajes y tiempos de tratamiento para evaluar su idoneidad como material de envasado de alimentos. El plasma DBD aumentó la rugosidad de la película PLA principalmente en el sitio en contacto con electrodo de alta tensión en los niveles de tensión de 70 y 80 kV. Los tratamientos con plasma DBD no indujeron ninguna cambio en la temperatura de transición vítrea, pero aumento significativo en la temperatura de degradación inicial y se observó la temperatura máxima de degradación. El tratamiento con plasma DBD no afectó negativamente al oxígeno y la permeabilidad al vapor de agua del PLA. Se observó una migración general

muy limitada en diferentes simulantes alimentarios. y estaba muy por debajo de los límites reglamentarios. Relevancia industrial: el plasma DBD en paquete es un enfoque novedoso e innovador para la descontaminación de alimentos con potencial aplicación industrial. (Pankaj, et al., 2014)

Bhatia, Gupta, Bhattacharya, & Choi (2007) Indican que las mezclas poliméricas biodegradables sean ampliamente utilizadas por la industria debido a su impacto ambiental. amabilidad y propiedades mecánicas y térmicas comparables. Poli (ácido láctico) (PLA) y poli (succinato de butileno) (PBS) son tales polímeros biodegradables que tienen como objetivo reemplazar los productos básicos polímeros en aplicaciones futuras. Dado que el costo y la fragilidad del PLA son bastante altos, no es económicamente factible usarlo solo para el uso diario como material de empaque sin mezclar. En este estudio, se prepararon mezclas de PLA y PBS con varias composiciones usando un extrusora de doble husillo a escala de laboratorio a 1800 C. Morfológicos, térmicos, reológicos y mecánicos Se investigaron las propiedades de las muestras obtenidas por moldeo por compresión para explorar la idoneidad de estas composiciones para aplicaciones de envasado. La morfología de las mezclas fue investigada por microscopía electrónica de barrido (SEM). La morfología mostró una clara tendencia a la diferencia de fase dependiendo sobre la composición de la mezcla. Termogramas de calorimetría diferencial modulada de barrido (MDSC) del Las mezclas indicaron que la temperatura de transición vítrea (Tg) del PLA no cambió mucho con el adición de PBS, pero el análisis mostró que para la mezcla de PLA/PBS de una composición de hasta 80/20 hay compatibilidad entre los dos polímeros. La resistencia a la tracción y el módulo fueron medidos por el Máquina de ensayo universal Instron. Resistencia a la tracción, módulo y porcentaje (%) de alargamiento a la rotura de las mezclas disminuyó con el contenido de PBS. Sin embargo, la resistencia a la tracción y los valores de módulo de PLA/PBS mezcle para una composición de hasta 80/20 casi siga la regla de mezcla. Los resultados reológicos también muestran compatibilidad entre los dos polímeros para la composición de PBS inferior al 20 % en peso. PBS reducido la fragilidad del PLA, lo que lo convierte en un competidor para reemplazar los plásticos para aplicaciones de embalaje. Este trabajo encontró una compatibilidad parcial entre PBS y PLA al investigar térmica, mecánica y propiedades morfológicas. (Bhatia, Gupta, Bhattacharya, & Choi, 2007)

Bouzidi, Guessoum, Fois, & Haddaoui (2017) preparó compuestos de mezclas de poli(ácido láctico) (PLA)/polipropileno (PP) incorporando 3% en peso de montmorillonita modificada con cobre (MMT-Cu²⁺), obtenida mediante intercambio catiónico en una solución de CuSO₄, y 10% en peso de polipropileno-injerto de anhídrido maleico (PP-g-MA) como compatibilizador y luego variando el contenido de PLA hasta el 50% en peso. Estos materiales se sometieron a varias investigaciones, como difracción de rayos X, análisis térmico mecánico dinámico (DMTA), calorimetría diferencial de barrido (DSC), microscopía electrónica de barrido (SEM) y pruebas ambientales y de tracción. El análisis DMTA mostró que la alta rigidez del PLA vítreo y la fase cristalina del PP compensan la disminución en el módulo de almacenamiento que se produce durante las transiciones vítreas del PP y el PLA, respectivamente. Las variaciones de $\tan \delta$ no revelaron cambios en las temperaturas de transición vítrea de las fases PP y PLA, lo que indica la inmiscibilidad de los dos polímeros, según lo respalda el análisis DSC. Las micrografías SEM de los compuestos combinados indicaron la inmiscibilidad del sistema, lo que resultó en una mala adhesión de las gotitas de PLA a la matriz de PP. Además, los compuestos de mezcla exhibieron propiedades de tracción intermedias entre las de PP y PLA. La incorporación de MMT-Cu²⁺ a la mezcla (50/50) PP/PLA acentuó su capacidad de absorción de agua y aseguró una actividad antimicrobiana eficiente durante un período satisfactoriamente largo de alrededor de seis meses. (Bouzidi, Guessoum, Fois, & Haddaoui, 2017)

Shameli, et al. (2022) Estudiaron la característica antibacteriana de las películas de nanocompuestos de plata/poliácido láctico (Ag/PLA-NC), y las nanopartículas de plata (Ag-NP) las sintetizaron en PLA biodegradable a través del método de reducción química en disolvente bifásico. Utilizaron el nitrato de plata y el borohidruro de sodio respectivamente como precursor de plata y agente reductor en el PLA, que actuó como matriz polimérica y estabilizador. Además, estudiaron las propiedades de Ag/PLA-NCs en función de los porcentajes en peso de Ag-NP (8, 16 y 32 wt% respectivamente), en relación con el uso de PLA. También caracterizó la morfología de las películas de Ag/PLA-NC y la distribución de las Ag-NP. Analizaron los iones de plata liberados de las películas Ag/PLA-NC y sus actividades antibacterianas. Las actividades antibacterianas de las películas de Ag/PLA-NC examinaron frente a bacterias gramnegativas (*Escherichia coli* y *Vibrio parahaemolyticus*) y bacterias grampositivas (*Staphylococcus aureus*)

mediante el método de difusión utilizando agar Muller-Hinton. Sus resultados indicaron que las películas de Ag/PLA-NC poseían una fuerte actividad antibacteriana con el aumento del porcentaje de Ag-NP en el PLA. Por lo tanto, las películas Ag/PLA-NC se pueden utilizar como andamio antibacteriano para aplicaciones médicas y de ingeniería de tejidos. (Shameli, y otros, 2022)

2.2.3. Temario Referencial

2.2.3.1. Yogur Natural

El yogur es un producto de la fermentación del ácido láctico de la leche mediante la adición de un cultivo iniciador que contiene *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. En algunos países menos microorganismos tradicionales, como *Lactobacillus helveticus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp.lactis*, a veces se mezclan con el cultivo iniciador aunque los productos lácteos fermentados como el yogur se desarrollaron originalmente simplemente como medio para conservar los nutrientes de la leche, pronto se descubrió que, al fermentar con diferentes microorganismos, existía una oportunidad desarrollar una amplia gama de productos con diferentes sabores, texturas, consistencias y, más recientemente, atributos de salud. (Tamime, 2022).

El mercado ahora ofrece una amplia variedad de yogures para todos los paladares y comidas. Los yogures vienen en una variedad de texturas (por ej. líquido, cuajado, suave), contenido de grasa (p. ej., de lujo, bajo en grasa, prácticamente sin grasa) y sabores (p. ej., natural, fruta, cereal), se puede consumir como tentempié o como parte de una comida, como alimento dulce o salado, y están disponibles todo el año. Esta versatilidad, junto con su aceptación como un alimento saludable y nutritivo, ha llevado a su amplia popularidad en toda la población subgrupos. (Mckinley, 2005)

Relacionada con el envase de yogur es la NTP **202.092:2024**, Leche y Productos Lácteos. Yogur o yogurt. Requisitos. Esta norma establece los requisitos técnicos para el yogur, incluyendo los requisitos de envase. Detalles de la NTP 202.092:2024: Alcance: Aplica a yogur, yogur concentrado y productos lácteos compuestos basados en estos productos. Requisitos de envase: La NTP 202.092:2024 incluye disposiciones específicas sobre el envase, incluyendo el material, la forma y el cierre, así como la información que debe estar impresa en el envase. Información en el envase: Los envases de yogur deben cumplir con la

norma NTP 209.038:2009, que establece la información que debe llevar todo alimento envasado destinado al consumo humano, según la Plataforma del Estado Peruano. Etiquetado: La etiqueta debe contener información como el nombre del producto, la lista de ingredientes, información nutricional, fecha de caducidad, instrucciones de almacenamiento y cualquier alérgeno potencial, según INCALEC. Otros puntos importantes: NTP 209.038:2009: Esta norma complementa la NTP 202.092:2024 y establece los requisitos generales de etiquetado para alimentos envasados, según la Plataforma del Estado Peruano. Alimentos de alto riesgo: El yogur es considerado un alimento de alto riesgo según la NTS N° 118-MINSA/DIGESA-V. 01. Norma Sanitaria: La norma NTS N° 118-MINSA/DIGESA-V. 01 establece la lista de alimentos de alto riesgo y los requisitos sanitarios que deben cumplir. **Norma Técnica Peruana 202.092:2024**

2.2.3.2 Ácido poliláctico (PLA)

La polilactida (PLA) es un poliéster alifático biodegradable derivado del ácido láctico. Los productos PLA se pueden reciclar después de su uso, ya sea refundiéndolos y procesándolos. El material por segunda vez o por hidrólisis a ácido láctico, el químico básico. (Pang, Zhuang, Tang, & Chen, 2010)

En los últimos años, el entusiasmo por la fabricación de biopolímeros ha atraído considerable atención debido a la creciente preocupación por la disminución de los recursos y el aumento de la contaminación. Entre los biopolímeros disponibles en el mundo, el ácido poliláctico (PLA) está considerado entre los biopolímeros más producido a nivel mundial y, por lo tanto, haciéndolo adecuado para la comercialización del producto. Por lo tanto, la eficacia del compuesto PLA reforzado con fibra natural como material alternativo para sustituir los materiales no renovables a base de petróleo han sido examinados por investigadores. El tipo de fibra utilizado en la adhesión de fibra/matriz es muy importante porque influye en la mecánica de los biocompuestos. propiedades. Además de eso, un resumen de la situación actual del PLA 3D reforzado con fibra natural impresión, así como sus funciones en impresión 3D para aplicaciones de polímeros sensibles a estímulos también fueron discutidos. Investigaciones recientes sobre biocompuestos derivados de PLA relacionados con la síntesis y biodegradación de PLA, sus propiedades, procesos, desafíos y perspectivas. (Ilyas, y otros, 2021)

Es biocompatible y bioabsorbible, Se puede utilizar en una serie de aplicaciones biomédicas, como suturas, implantes, fijación de fracturas, administración de fármacos e ingeniería de tejidos. porque PLA es biodegradable, puede emplearse en la elaboración de bioplásticos, para producir envases sueltos, bolsas de compost, envases de alimentos, vajilla desechable, textiles, toldos, productos de higiene femenina y pañales A medida que se acerca el agotamiento de las materias primas petroquímicas, el PLA se está convirtiendo en una alternativa ambientalmente sostenible a los productos derivados de petroquímicos debido a su biodegradabilidad. características y el carácter renovable de sus materia prima. (Pang, Zhuang, Tang, & Chen, 2010)

PLA se deriva del ácido láctico producido por la fermentación de dextrosa, normalmente obtenido del maíz para proporcionar ácido láctico de alta pureza. Otra fuente utilizada como materia prima es la caña de azúcar. Sin embargo, podría sintetizarse a partir de otros recursos renovables, como como almidón y azúcares. La producción a nivel industrial de ácido láctico se realiza a través de la fermentación de carbohidratos por bacterias del género *Lactobacillus*, Desafortunadamente, las propiedades físicas del PLA tienen inconvenientes, como fragilidad, alta tasa de permeabilidad y resistencia al agua. sensibilidad; además, tiene un costo de producción más alto que plásticos derivados del petróleo convencionales, lo que hace que el PLA un polímero con una gama limitada de aplicaciones prácticas (Villadiego, Tapia, Useche, & Macías, 2021)

2.2.3.3. Ácido poliláctico modificado con Ion de cobre (CuNP)

En los últimos años, las nano partículas de cobre (CuNP) tiene una gran importancia debido a sus posibles aplicaciones, por ejemplo, en películas conductoras, lubricación, nanofluidos y catálisis. Otra característica del nano Cu radica en su actividad antimicrobiana frente a una gama de microorganismos, incluidas bacterias, hongos, algas y virus; sin embargo, Hasta el momento, solo se han emitido algunos documentos y patentes sobre el propiedades antibacterianas de los nanomateriales que contienen cobre En esos estudios sobre nanoantimicrobianos basados en metales, el Se ha demostrado que la eficacia biológica del material es significativamente más alto o más largo que la bioactividad bien conocida del metal a granel correspondiente. (Jin & Zhang, 2008)

La utilidad del cobre como agente antibacteriano ha conocido desde hace mucho

tiempo y se remonta a civilizaciones antiguas que solían emplear diferentes formas de compuestos de cobre para tratar diversas afecciones y mantener la higiene (Longano, y otros, 2012).

Se ha demostrado que tanto óxido de zinc como el óxido de cobre muestran mayores propiedades antibacterianas a escala de nanopartículas. Óxido de zinc y cobre El óxido puede inhibir la producción de ácido por *Streptococcus mutans*. Incluso otras investigaciones han demostrado su efecto antimicrobiano sobre bacterias Gram-positivas y negativas. Resulta que la película de ácido poliláctico puro no tiene ningunas propiedades antibacterianas contra cualquiera de las bacterias. La adición de los tres materiales polianilina, cobre El óxido y el óxido de zinc han creado propiedades antibacterianas en la película de ácido poliláctico. El halo más alto de no se observa crecimiento en la película de ácido poliláctico que contiene las tres sustancias polianilina, cobre óxido y óxido de zinc, lo que demuestra que estas tres sustancias han fortalecido el efecto de cada otro. Además, las propiedades antibacterianas de las películas que contienen polianilina, óxido de cobre y óxido de zinc contra bacterias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus*) fueron más altas que las bacterias Gram-negativas (*Escherichia coli*), que se debe a la estructura de la pared celular bacteriana. La física y la química La estructura de las bacterias Gram-negativas es más compleja y los agentes antibacterianos son menos capaces de penetrar en las células de las bacterias Gram-negativas y, por lo tanto, tienen menos capacidad para inactivarlas. Gram positivas las bacterias, por otro lado, tienen una pared celular más simple y los agentes antibacterianos penetran fácilmente y inactivar las bacterias. En comparación con las bacterias Gram positivas, las bacterias Gram negativas son más resistentes a antibióticos debido a su pared impermeable. (Abdolsattari, Rezazadeh-Bari, & Pirs, 2022)

Los efectos antimicrobianos pueden inhibir el crecimiento de bacterias patógenas. Las nanopartículas evitan la formación de agentes de defensa en estos microorganismos contra el sistema inmunológico del huésped. Los nanomateriales de óxido de metal tienen una amplia actividad de eliminación de células contra las bacterias, hongos y virus. Las notables propiedades del óxido de cobre (CuO) lo han introducido como uno de los materiales de transición más importantes. óxidos metálicos. Los informes confirmaron las posibles actividades antibacterianas de las nanopartículas de óxido de cobre. En esta investigación, para el Por primera vez, se obtuvo un nanocompuesto a partir de una combinación de tres materiales activos

(nanopartículas de óxido de zinc y cobre y ácido tranexámico) para ser utilizado como andamio de revestimiento. Luego se evaluó su desempeño en gasa de algodón estéril. Novela basada en nano tratamientos pueden mejorar la esperanza de vida (Rashedi, Khajavi, Rashidi, Rahimi, & Bahador, 2021)

Filamentos compuestos de poli(ácido láctico) (PLA) con diferentes tipos de cobre Contenidos de (Cu) tan altos como 40 y 20% en peso de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) La pla compuestos con rellenos híbridos de 40% en peso de partículas de Cu y 20% en peso de PMMA perlas dieron como resultado una conductividad térmica de $0,49 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, que era tres veces mayor que la de la resina PLA desnuda. La facilitación de la segregación red de partículas de Cu de alta conductividad térmica con perlas de PMMA en La matriz PLA proporcionó vías térmicamente conductoras y dio como resultado una mejora notable en la conductividad térmica. (Vu, y otros, 2020)

2.2.3.4. Ácido poliláctico modificado con Nano partículas de plata (Ag-NP):

Polímeros biodegradables a base de ácido láctico tienen la superficie hidrófoba, mientras que una hidrófila y al mismo tiempo, el efecto antibacteriano de la superficie se puede obtener mediante implantación de iones de plata en la capa superficial del material, propiedades antimicrobianas de las nanopartículas de plata (Ag-NPs) son las más utilizadas en la fabricación de materiales compuestos antimicrobianos, que están compuestos de Ag-NP dispersas dentro de la matriz polimérica y/o recubiertas or el polímero, formando así una estructura de núcleo-cáscara por lo tanto, el compuesto obtenido combina la propiedades adecuadas de ambos elementos. Convencionalmente, los compuestos se elaboran mezclando mecánicamente nanopartículas metálicas en matrices de polímeros fundidos o disueltos. Sin embargo, la dispersión homogénea de nanopartículas en una matriz polimérica es difícil debido a su alta reactividad superficial (Benhacine, Hadj-Hamou, Habi, & Grohens, 2015).

Como poseen fuertes propiedades antibacterianas y baja toxicidad, las nanopartículas de plata (Ag-NP) y sus compuestos se han estudiado durante muchos años no solo por su baja toxicidad, sino también por su actividad antibacteriana.. Existen variaciones significativas en los tamaños y formas promedio de las Ag-NP cuando se usaron los polímeros debido a las diferentes estructuras químicas e interacciones Ag/polímero. Los polímeros naturales también han atraído un gran interés, ya que son biocompatibles y no tóxicos en la mayoría de los casos. Entre

los pocos estabilizadores o matrices investigados para nanopartículas metálicas se encuentran el quitosano, el almidón, la celulosa y el caucho natural. (Shameli, y otros, 2022).

Los efectos antibacterianos de los iones de Ag y los compuestos a base de Ag son altamente tóxicos para los microorganismos, mostrando fuertes efectos biocidas sobre hasta 12 especies de bacterias, incluida E. coli. Recientemente, Mecking y colaboradores demostraron que los híbridos de las nanopartículas de Ag con macromoléculas anfifílicas hiperramificadas exhibieron un revestimiento superficial antimicrobiano eficaz (Kim, y otros, 2007).

2.3. Objetivos de la investigación

2.3.1 Objetivo General

Evaluar la aplicación de envases biodegradables a base de ácido poliláctico en la vida útil de yogur natural.

2.3.2 Específicos

- Caracterizar y parametrizar el filamento 3d PLA, PLA con Iones de Cobre y PLA con nanopartículas de plata).
- Determinar los parámetros de Impresión 3d los envases de PLA y realizar caracterización de los envases 3d y determinar sus parámetros de impresión 3d para cada tipo de PLA empleados en esta investigación (PLA, PLA con Iones de Cobre y PLA con nanopartículas de plata).
- Evaluar el efecto de los 3 tipos de envase a base de ácido poliláctico (PLA, PLA con Iones de Cobre y PLA con nanopartículas de plata) en la vida útil del yogur natural, mediante pH, Viscosidad, color, acidez, análisis sensorial y Análisis microbiológico.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los siguientes laboratorios de la universidad Nacional Del Santa:

- Laboratorio de Operaciones Unitarias
- Laboratorio de microbiología y toxicología de alimentos
- Laboratorio De Análisis y Composición de Productos Agroindustriales
- Planta Piloto

Instalaciones de la planta de Home Maker Peru, ubicada en Sucre 195, Lima 15012 - Lima

Instalaciones de la planta Krear3d, FABRICACIONES DIGITALES DEL PERU S.A Calle Javier Fernandez 262 Miraflores - Lima

3.2.Materiales

3.2.1. Materia prima

3.2.1.1.Materia prima para elaboración de envase biodegradable poliláctico (PLA)

Para la fabricación de los envases biodegradables, tipo botella, se empleó 9 kilos de pellet de ácido poliláctico (PLA) obtenidos a partir de maíz, iones de cobre (Cu^+) e iones de plata (Ag^+) suministrado por la empresa Krear3d, FABRICACIONES DIGITALES DEL PERU S.A de la ciudad de Lima.

3.2.1.2.Materia prima para la elaboración del yogur natural

Para la elaboración de yogur natural, se empleó:

150 litros de Leche fresca de productores Lecheros del sector de Lacramarca Baja, valle del Santa, zona rural de Chimbote.

3.2.2. Insumos

- Leche UHT, Gloria entera, comprado en “Comercial Pirámide S.R.L”. Nuevo Chimbote.
- Cultivo para elaborar yogur LIOFAST, SAB 440A, comprado en “Comercial Pirámide S.R.L”. Nuevo Chimbote.

3.2.3. Equipos

- Impresora 3D, tecnología FDM, marca Creality, modelo K1, procedencia China.
- Calibrador digital milimétrico y pulgadas 6, modelo CALDI-6MP, marca Trupper, procedencia Mexico.
- Secador de pellets de plástico multifunción, tolva de vacío Industrial 4,5 kW, 50KG, marca Shen Jia Ao, Modelo: KF-G50KG, procedencia China.
- Mezclador vertical/Resina de plástico Pellets granulados, marca Anhui Kaifeng, modelo HL200KG, procedencia China.
- Línea extrusora de filamento de impresora 3D, marca SONGHU, modelo SHSJ-45, procedencia China.
- Calorímetro diferencial de barrido, marca Netzsch, modelo 204F1 Phoenix, procedencia Alemania.
- Bomba de vacío, para bolsas con válvula de vacío, marca Esun, modelo eVacuum, procedencia China.
- Colorímetro, marca Shezhen Kingwell Instruments Co. Modelo JZ-300, procedencia China.
- Viscosímetro de cilindros coaxiales, marca Brookfield, modelo Reometer RS-plus, procedencia Estados Unidos.
- Bureta para titular de 25 ml, marca burle, modelo 9695 series, procedencia Estados Unidos.
- Termómetro de Mercurio, marca Boeco, Modelo SH-144, procedencia Alemania.
- Mutiparametro, marca termo Científica, modelo Orion Star A211, procedencia Estados Unidos.
- Balanza analítica, marca Martell Lavare, modelo PP/PC, procedencia Francia.

3.2.4. Materiales de laboratorio

- Varillas agitadoras.
- Fiolas de 250 ml.
- Pipetas de 10 ml.
- Matraz de 250ml.
- Placas Petri.
- Piceta de plástico.
- Espátula metálica.
- Pinzas metálicas.
- Vasos precipitados de 100 ml y 250 ml.
- Cuchara metálica.
- Soporte universal.
- Crisoles.

3.2.5. Otros materiales

- Paño absorbente papel toalla de cocina,
- Olla de acero inoxidable.
- Espátula de cocina.
- Bolsas con válvula de vacío.
- Guantes de limpieza para desinfección de área.
- Valdés de plástico transparente.
- Táper contendor grande de plástico.
- Cuchillo.
- Máquina extrusora de filamento para impresora 3D PLA ABS PETG
| Extrusora SONGHU
- La máquina extrusora de filamento de impresora 3D Songhu es adecuada para fabricar ABS, PLA, PC, PA, pet, PETG, Pei, PVA, peek y otros materiales 3D con la característica de tolerancia estable y bobinado limpio. Este fabricante de extrusoras de filamentos es económico para la producción en masa.

Tabla 1: Característica y dimensiones de La máquina extrusora de filamento de impresora 3D Songhu.

Máquina extrusora de filamento para impresora 3D PLA ABS PETG Extrusora SONGHU			
Modo	SHSJ-45	SHSJ-35	SHSJ-25
Capacidad (kg/h)	20-25	8-12	1-2
Diámetro del tornillo	45 mm	35 mm	25 mm
LD	28:1		25:1
Potencia total (kw)	40	30	7
Cantidad de filamento	1	1	1
Diámetro (mm)	$\phi 1.75 / \phi 3.00$		
Tolerancia (mm)	0.02		0.03
Control de diámetro	Sistema de retroalimentación automática		Control del tractor
Temperatura de funcionamiento	0-480°		
L * W * H (mm)	15000×1500×2300	15000×1500×2300	4000×800×1500
Peso KG	2300	2100	500

Número	Nombre	Cantidad	Observaciones
1	SHSJ-45 Extrusora de filamento	1 JUEGO	
2	Molde de extrusión de filamento de 1,75 mm	1 JUEGO	el troquel de extrusión es S136
3	Tanque de calefacción de circulación automática de 4 metros	1 JUEGO	Acero inoxidable SUS304
4	Tanque de agua de enfriamiento de 2 metros	1 JUEGO	Acero inoxidable SUS304
5	Dispositivo de secado	2 JUEGOS	Anillo de manguito de agua especial
6	Dispositivo de almacenamiento de 8 metros	1 JUEGO	Control de tensión
7	Controlador láser	1 JUEGO	Tolerancia +/-0,02 mm

8	Dispositivo de arrastre de cuatro ruedas	1 JUEGO	Pilar guía de precisión
9	Bobinadora automática de un solo carrete	1 JUEGO	Medición automática

Tabla 2: La composición de nuestra máquina extrusora de filamento SongHu 3d

Número	Nombre	Cantidad	Observaciones
1	SHSJ-45 Extrusora de filamento	1 JUEGO	
2	Molde de extrusión de filamento de 1,75 mm	1 JUEGO	el troquel de extrusión es S136
3	Tanque de calefacción de circulación automática de 4 metros	1 JUEGO	Acero inoxidable SUS304
4	Tanque de agua de enfriamiento de 2 metros	1 JUEGO	Acero inoxidable SUS304
5	Dispositivo de secado	2 JUEGOS	Anillo de manguito de agua especial
6	Dispositivo de almacenamiento de 8 metros	1 JUEGO	Control de tensión
7	Controlador láser	1 JUEGO	Tolerancia +/-0,02 mm
8	Dispositivo de arrastre de cuatro ruedas	1 JUEGO	Pilar guía de precisión
9	Bobinadora automática de un solo carrete	1 JUEGO	Medición automática

- N.º 1 SHSJ-45MM Extrusora de filamento principal:
La extrusora de filamento desarrollada por Songhu puede derretir y extruir materiales de manera estable sin diferencia de color, materiales huecos, burbujas en productos terminados y otros problemas, y la capacidad de producción puede alcanzar los 30-100 m / min
- N.º 2 Molde extrusor de filamento de 1,75 mm y 3,0 mm:
Forjado con material S136 y una estructura especial de presurización de derivación, es más propicio para la extrusión estable de filamentos
Material de acero: S136
Tamaño: Según el tamaño de la muestra

Un molde puede producir filamento de diferente diámetro para impresora 3D

Tales como: Especificación normal: 1,75 mm, 3,0 mm, 2,0 mm, 2,85 mm

El filamento de varios colores se puede extruir finamente 1/4 Otros materiales, como ABS, PLA, PC, PA, mascota, PETG, Pei, PVA, peek También se puede extruir suavemente.

Nº. 3 sistema de enfriamiento del tanque de agua de 6 metros:

Toda la sección del tanque de agua adopta el método de reducir gradualmente la temperatura para enfriar gradualmente los consumibles. La temperatura al final del tanque de agua caliente se puede ajustar para estabilizar la formación de consumibles y evitar la fractura frágil de los filamentos causada por un enfriamiento demasiado rápido

Material de acero: S136

Tamaño: Tanque de agua caliente de 4 metros y tanque de agua fría de 2 metros

Ajuste 3D

De acuerdo con diferentes materias primas, puede establecer diferentes temperaturas.

Tales como: ABS alrededor de 85 grados, PLA alrededor de 60°, etc.

- N.º 4 Secadora + Laser X + Extractor de cuatro ruedas:
- La secadora puede secar la humedad transportada por los consumibles después de pasar por el tanque de agua, y el tractor de cuatro ruedas puede ajustar la velocidad para controlar el diámetro del cable. Al mismo tiempo, el dispositivo de tracción en las cuatro ruedas puede garantizar mejor la redondez de los consumibles terminados, y la pinza puede medir dinámicamente el diámetro del cable de los filamentos con una precisión de $\pm 0,02$ mm

Pilar de guía de alta precisión al sistema

Centro de tornillo de alta regulación, Zhang He ajustado

Alta eficiencia, resistencia a la abrasión de la correa de cuña múltiple de la tracción superficial

La precisión del controlador del inversor de frecuencia

Potencia del motor: 0.75KW

- N.º 5 Dispositivo de almacenamiento de 8 metros:

El estante de almacenamiento de alambre puede almacenar hasta 100 metros de cable. Su función es evitar la contaminación causada por la caída de consumibles al suelo debido a una velocidad de producción demasiado rápida durante el reemplazo del filamento

La longitud máxima de la línea: 100 metros

Control del motor: 0.75KW

Control de tensión: embrague de partículas magnéticas

Diámetro del alambre: 4,0 mm

Carrete: 250 mm

- N.º 6 Medidor automático:

Antes de la máquina de bobinado, hay un dispositivo para calcular cuántos metros ya se han producido.

- Máquina de bobinado ordenada NO. 7:

La tecnología de autoservicio R & D de Songhu puede hacer que los filamentos se enrollen ordenadamente. Los filamentos de bobinado limpios pueden evitar los problemas de atasco y enrollado de alambre en el proceso de impresión, lo que atrae enormemente a los consumidores

La función del medidor automático

Dispositivo de control de tensión

Bobinado automático de cable

Sistema de control del servomotor

3.3.Métodos de análisis

3.3.1. Caracterización de la materia prima de los envases biodegradables.

3.3.1.1.Determinación de propiedades físicas del ácido poliláctico (PLA).

- **Densidad**

Para determinar la densidad del PLA, se mide la masa y el volumen por separado y posteriormente se calculó la densidad. La masa se determinó con una balanza, mientras que el volumen mediante el desplazamiento de agua destilada. ISO1183, GB/T1033, a 23°C.

- **Punto De Fusión**

Es el índice de fusión, indica la fluidez de un polímero, se determinó en Planta a 210°C, y con muestra 2.16kg usando calorimetría diferencial de barrido (DSC) a 10°C/min

3.3.1.2.Determinación de propiedades térmicas.

Las características térmicas fueron estudiadas mediante DSC y TGA. Las mediciones de DSC se escogieron utilizando un equipo propiedad de la empresa Krear3d, calorímetro diferencial de barrido de la marca Netzsch modelo 204F1 Phoenix (procedencia Alemania), bajo una atmósfera de nitrógeno (20 ml min⁻¹) en un rango de temperatura de 25–220 °C y una velocidad de calentamiento/enfriamiento de 10°C/min.

- **Temperatura De Transición Vítrea**

La temperatura de transición vítrea es aquella a la que un polímero pasa de una consistencia rígida a blanda o viceversa. Esto nos permite saber la aplicación que se le puede dar al PLA obtenido en Planta, a menor temperatura estará rígido, pero al subir la temperatura, a un grado específico, comenzará a perder la rigidez, se calcula por calorimetría diferencial de barrido (DSC) a 10°C/min.

- **Temperatura De Fusión**

La temperatura de fusión (T_f) de cualquier polímero es la temperatura a la cual las regiones cristalinas de una muestra de polímero derriten, sin perder la forma del polímero manteniendo el orden estructural de las cadenas son superadas. se calcula por calorimetría diferencial de barrido (DSC) a 10°C/min.

- **Temperatura De Cristalización**

Temperatura De Cristalización, es la temperatura exacta dentro del intervalo de temperatura para realizarse cristalización está comprendida por debajo del punto de fusión, T_m y 30°C por encima de la temperaturas de transición vítrea, T_g se calcula por calorimetría diferencial de barrido (DSC) a $10^\circ\text{C}/\text{min}$.

- **Temperatura De Reblandecimiento Vicat**

La temperatura de reblandecimiento Vicat se describe como la temperatura a la que un indentador circular de 1 mm^2 de sección penetra justo 1 mm en la probeta, bajo una carga estandarizada de 10 N o 50 N. La temperatura de reblandecimiento Vicat está normalizada en la ISO 306 y GB/T 1633.

- **Temperatura De Deflexión Del Calor**

La temperatura de deflexión térmica expresa la relación entre calentamiento y la deformación del objeto de prueba. Que valla a tener una cierta carga al material polimérico o polímero, es la temperatura específica en la cual una cierta velocidad y alcance la temperatura correspondiente cuando se alcance la deformación especificada. está normalizada en la ISO 75 1.8MPa

- **Temperatura De Deflexión Térmica**

La temperatura de deflexión térmica (TFC) es la temperatura en la cual el polímero se doblará a una distancia específica bajo una presión específica de 0.45MPa la prueba se realizó de acuerdo con la norma ASTM D648 o ISO 75.

3.3.1.3.Determinación de propiedades mecánicas del acido poliláctico.

- **El Módulo de Young (MPa)**

Se determino por ensayo de compresión uniaxial se realizó sobre probetas cúbicas mediante una máquina Zwick/Roell Z020. Las muestras se comprimieron hasta alcanzar una deformación del 25% a una velocidad de 5 mm min^{-1} (cinco muestras por serie).

- **Resistencia a la Tracción (MPa)**

Los ensayos de tracción se realizaron sobre probetas impresas en forma de mancuerna utilizando una máquina de tracción universal

Zwick/Roell Z020 equipada con un adaptador para determinar el módulo de Young. Las mediciones se realizaron según la norma ISO 527 a temperatura ambiente.

- **Porcentaje Elongación de Rotura (%)**

Elongación a la ruptura también conocida como tensión de fractura, es la relación de la longitud cambiada entre longitud inicial después de tener rotura de la probeta de ensayo. Indica la capacidad de un material para resistir cambios de forma y sin formación de grietas. La prueba se efectuó utilizando una máquina Zwick/Roell Z020. Las mediciones se realizaron según la norma ISO 527 a temperatura ambiente.

- **Módulo de Flexión (MPa)**

El módulo de flexión se calcula mediante la pendiente de la curva de tensión frente a deflexión. Si la curva no presenta ninguna región lineal, se ajusta una secante a la curva para determinar la pendiente. La prueba se efectuó utilizando una máquina Zwick/Roell Z020. Las mediciones se realizaron según la norma ISO 178, GB/T 9341 a temperatura ambiente.

- **Resistencia a a Flexión (MPa)**

La resistencia a la flexión de un polímero es su resistencia del mismo a ser doblado. Se mide como la resistencia del polímero a la ruptura bajo un esfuerzo de flexión aplicado en el centro de una probeta rectangular soportada en ambos extremos. La prueba se efectuó utilizando una máquina Zwick/Roell Z020. Las mediciones se realizaron según la norma ISO 178, GB/T 9341 a temperatura ambiente.

- **Resistencia al Impacto Charpy (kJ/m²)**

La resistencia al impacto Charpy se determinó mediante un comprobador de impacto pendular (Zwick/Roell HIT5.5P) con un martillo de 5 J según la norma ISO 179 (sin entallar).

3.3.1.4.Determinación parámetros de impresión 3d

Calibración Equipo: Impresora 3d FDM marca Creality , Software utilizado Creality Print, versión 4.3.8

a. Antecedentes de la función para ácido poliláctico (PLA)

Tomando los consumibles de impresión como punto de partida, observe la influencia de factores multidimensionales como la temperatura, el cambio de flujo y el avance de la presión durante la impresión en el efecto de impresión final.

Para optimizar los parámetros de impresión de una manera más científica y meticulosa, y finalmente lograr el propósito de optimizar el efecto de impresión, este es el significado de la existencia de la función de calibración.

b. Dimensión de calibración para ácido poliláctico (PLA)

Sabemos que el efecto de impresión de los consumibles será diferente bajo diferentes temperaturas de boquilla, diferentes estados de flujo y diferentes avances de presión.

Entonces, el proceso de observar y comparar el efecto de impresión real de los consumibles en estas diferentes superficies es el proceso de calibración de consumibles. Las diferentes caras representan dimensiones de calibración. (enumeradas a continuación)

1. Temperatura.

(Bajo la premisa de diferentes impresoras y diferentes consumibles, al ajustar la temperatura de los consumibles, seleccione la temperatura de los consumibles con el mejor efecto de impresión).

2. Ajuste grueso del flujo.

Se enumeran los rangos de flujo amplios y comunes, y se integran sus respectivos efectos de impresión para preparar una mayor comparación y optimización.

3. Ajuste fino del flujo.

Ajuste y reduzca el rango de ajuste fino del flujo con más cuidado, y filtre la diferencia de ajuste del flujo para obtener el mejor efecto de impresión.

3.3.1.5. Proceso de calibración (el proceso de calibración según diferentes dimensiones de calibración) para ácido poliláctico (PLA)

a. Temperatura (°C)

El modelo utilizado para la calibración de temperatura (temperatura de la boquilla) se compone de múltiples piezas apiladas con la misma estructura. El principio de calibración es utilizar el mismo consumible para observar el efecto real de cada capa del componente impreso a diferentes temperaturas de la boquilla, observar y comparar el efecto de impresión de cada capa después de la impresión, y comparar y filtrar según el buen o mal efecto de impresión, para así encontrar la temperatura de la boquilla (también puede entenderse como la temperatura del consumible) que sea más adecuada para el efecto de impresión.

- Busque la entrada de calibración de temperatura
- Seleccione consumibles (PLA), configure el rango de temperatura para la calibración (en qué rango de temperatura se simula el efecto de impresión)

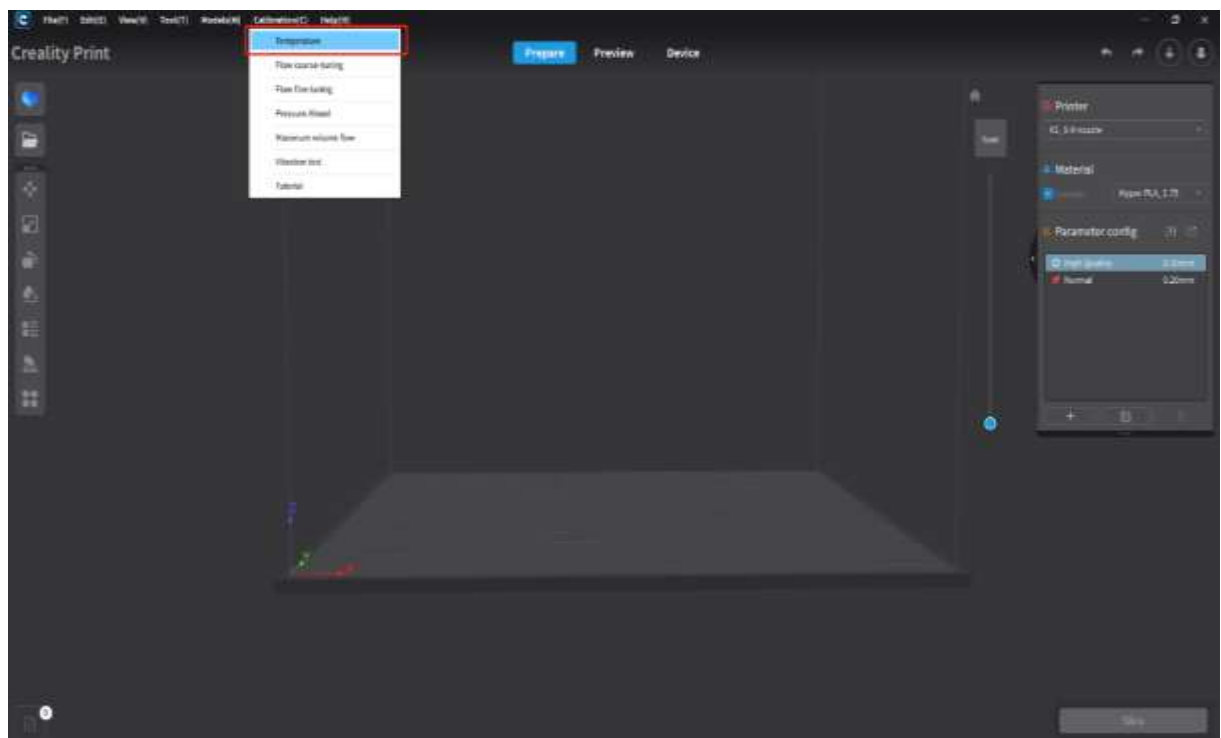


Figura 1: Proceso de calibración de impresora 3d, modelo K1, marca Creality. (el proceso de calibración según diferentes dimensiones de calibración) parte 1.

- Después de hacer clic en Aceptar, el g-code de comparación se generará automáticamente en la interfaz de vista previa. Finalmente, utilice el gcode generado por la función de calibración.

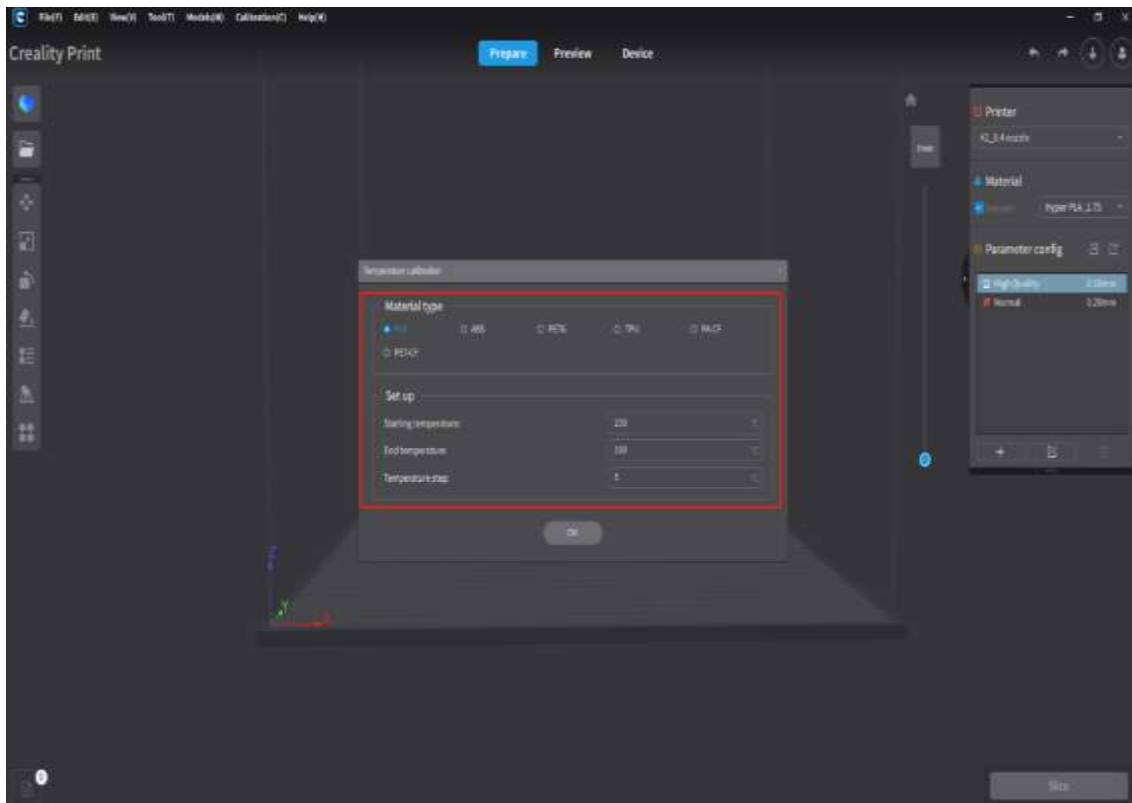


Figura 2: Proceso de calibración Proceso de calibración (el proceso de calibración según diferentes dimensiones de calibración) parte 2.

Basándonos en el proceso de calibración de temperatura, podemos finalmente analizar a partir del diagrama del efecto de impresión real que cuando la temperatura del consumible es de 220°, el problema de dibujo es el más leve y el efecto de impresión es el más suave. Por lo tanto, utilizamos la función de calibración de temperatura del consumible para obtener La temperatura de impresión óptima para este filamento PLA es de 220°C.

- Obtenga el valor de calibración de temperatura y aplíquelo a los parámetros consumibles

1. Ingrese a la gestión de parámetros de consumibles para aplicar los parámetros.

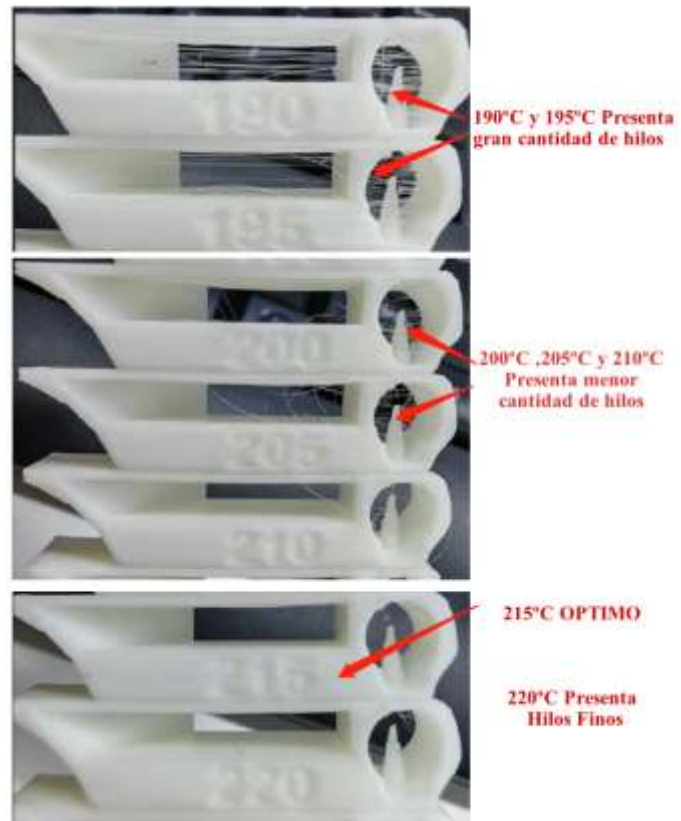
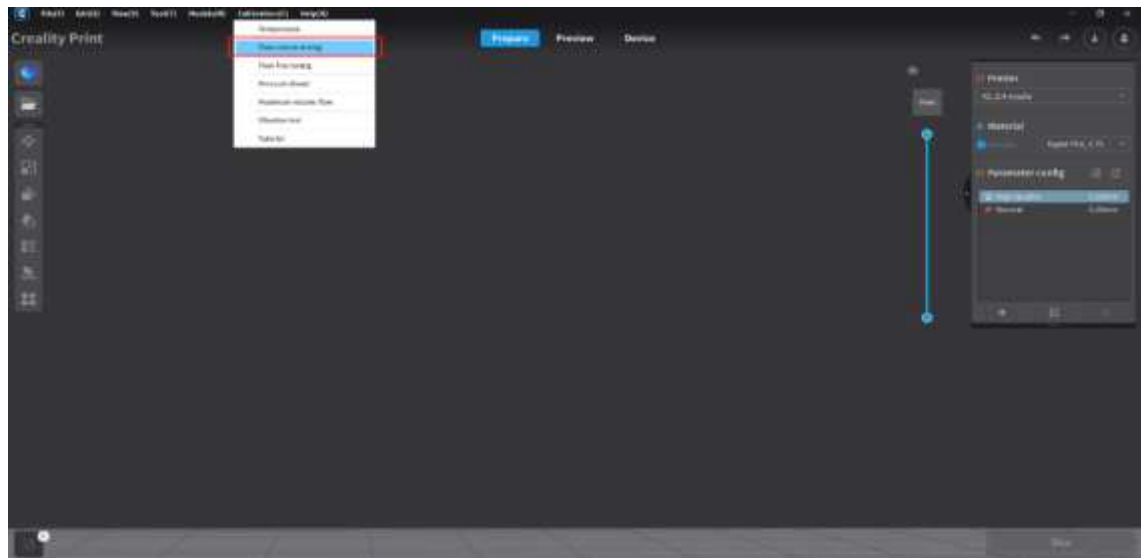


Figura 3: Lectura de torre de temperatura para ácido poliláctico (PLA).

b. Ajuste fino/grueso del caudal para ácido poliláctico (PLA)

- Ajuste grueso del caudal
- Ajuste aproximado del flujo de clic.

Figura 4: Ajuste fino/grueso del caudal para ácido poliláctico.



- c.2.1.2 El sistema generará automáticamente archivos gcode bajo diferentes velocidades de flujo (actualmente en el rango de -20~20) en secciones y los organizará regularmente en la placa inferior.

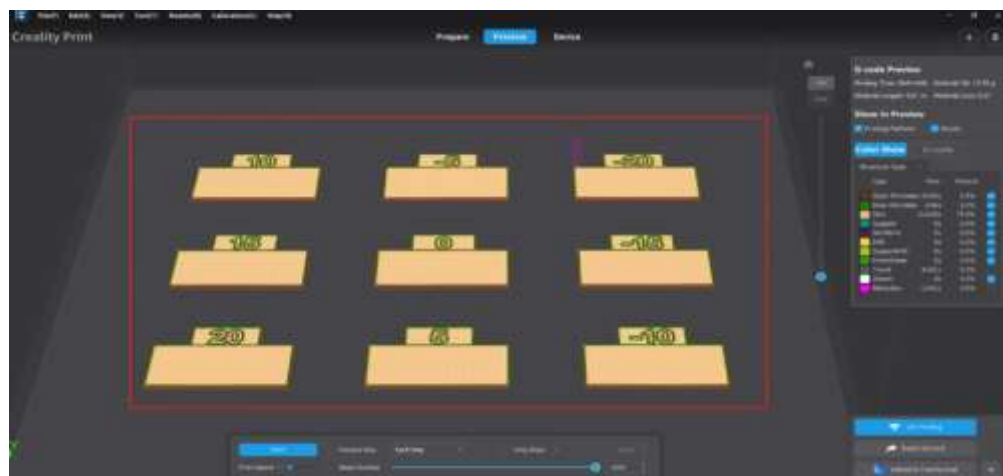


Figura 5: Parámetros de flujo para ácido poliláctico (PLA).

Nota: (Durante el proceso de impresión, la impresión de diferentes bloques utilizará diferentes parámetros de flujo, los 9 parámetros de flujo son [-20, -15, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20]. Parámetros de flujo Un valor de 0 significa un caudal del 100 %, un parámetro de flujo de 20 significa que el caudal se expande a 1,2 veces el original y un parámetro de flujo de -20 significa que el caudal se reduce a 0,8 veces el original).

- Análisis de los resultados de impresión reales:

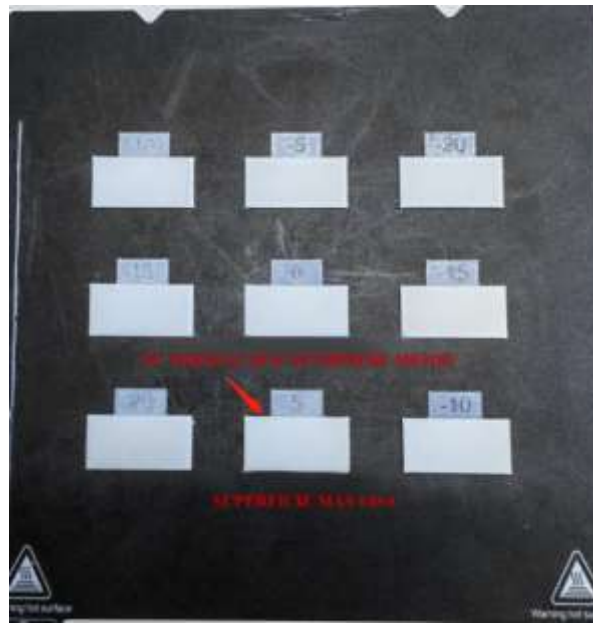


Figura 6: resultado optimo de impresión se desprende que cuando el parámetro de flujo para ácido poliláctico (PLA)

De los resultados de impresión se desprende que cuando el parámetro de flujo es 20, se extruirán más consumibles, lo que dará como resultado una acumulación de consumibles y una superficie rugosa. Cuando el parámetro de flujo es -20, los consumibles se extruirán de forma insuficiente durante el proceso de impresión, lo que dará como resultado poros en la superficie. Cuando el parámetro de flujo es 5, el efecto de impresión es mejor y la superficie es lisa.

A partir de este ajuste aproximado del flujo, obtenemos el porcentaje de extrusión del flujo para obtener los mejores resultados de impresión.

- Recuerde que el mejor efecto de impresión es el ajuste del flujo grueso y luego ajuste el flujo con precisión.
- Ajuste fino del flujo
- Encontrar la entrada del ajuste fino del flujo

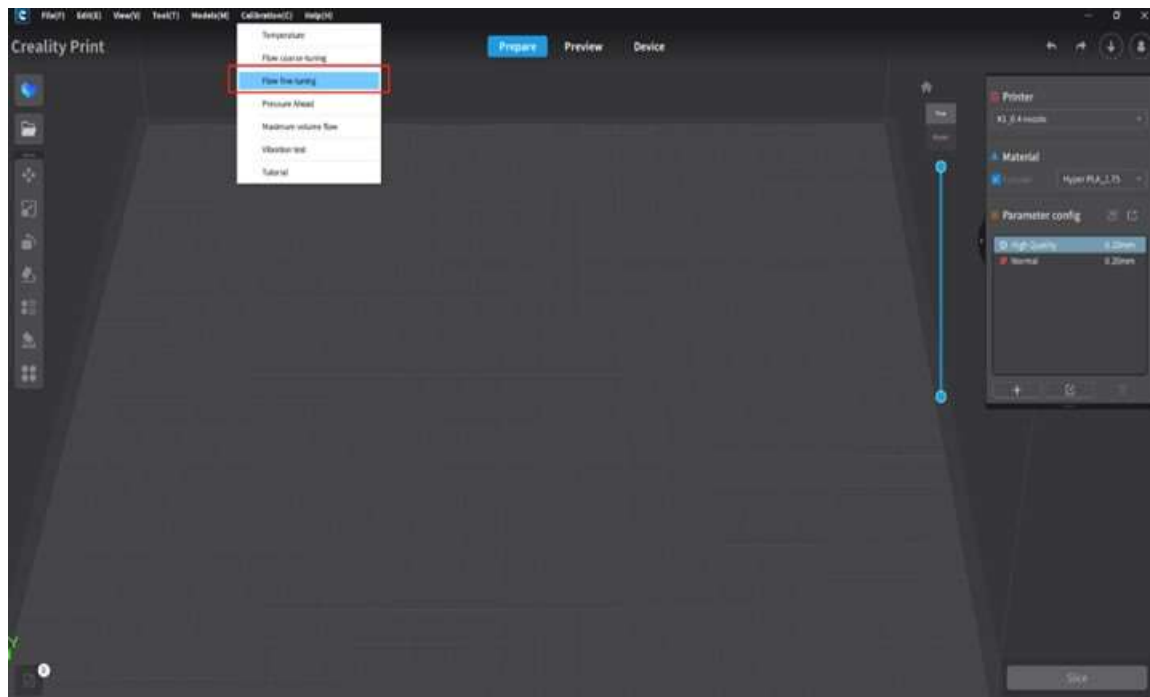


Figura 7: Ajuste aproximado del flujo, obtenemos el porcentaje de extrusión del flujo para obtener los mejores resultados de impresión parte 1.

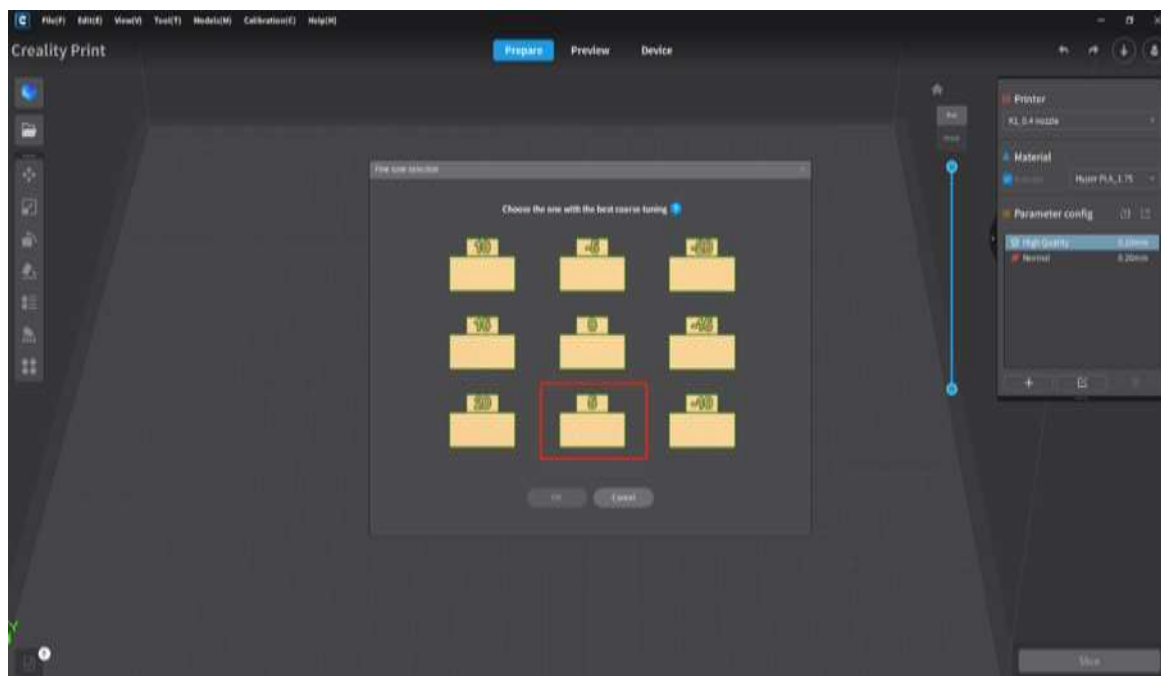


Figura 8: ajuste aproximado del flujo, obtenemos el porcentaje de extrusión del flujo para obtener los mejores resultados de impresión parte 2.

Entrada de la función de ajuste fino del flujo, Seleccione la diferencia de porcentaje de flujo con el mejor efecto de impresión durante el proceso de ajuste aproximado

Selección del método de calibración de ajuste fino (seleccione el modelo de prueba con el mejor efecto de impresión después del ajuste aproximado)

- Haga clic en Aceptar para que aparezca un panel de filtrado de tráfico con ajuste fino adicional (igual que el proceso de ajuste grueso)

Suponemos que -3 es la diferencia porcentual de flujo para el mejor efecto de impresión del ajuste fino de flujo actual, luego podemos obtener la diferencia porcentual de acuerdo con los dos procesos de calibración de flujo de ajuste grueso y ajuste fino: ajuste grueso: 5%; ajuste fino: -3%; la tasa de flujo (diferencia porcentual de flujo) para el mejor efecto de impresión es 102%, y la fórmula de cálculo se detalla en la siguiente sección.

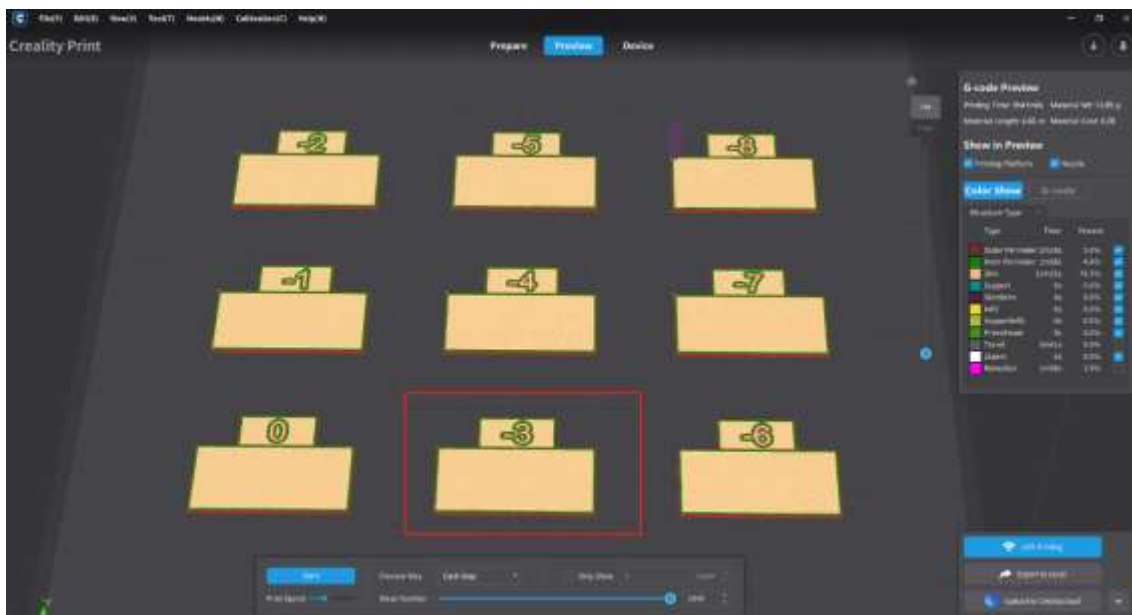


Figura 9: ajuste aproximado del flujo, obtenemos el porcentaje de extrusión del flujo para obtener los mejores resultados de impresión parte 3.

Ajuste el modelo de prueba de calibración

- Ajuste los parámetros de impresión dentro de los consumibles de acuerdo con la diferencia porcentual de flujo óptimo del 2 % obtenida a partir del ajuste aproximado y el ajuste fino, y luego

realice el propósito de optimizar el efecto de impresión a través de la calibración del flujo de consumibles.

Fórmula: Relación de flujo óptima = Relación de flujo óptima aproximada + Relación de flujo óptima de ajuste fino + 100 %

Entonces sabemos que el resultado de calibración del ajuste aproximado es 5 % y la relación de flujo óptima del ajuste fino es -3 %, por lo que $5 \% + (-3 \%) + 100 \% = 102 \%$

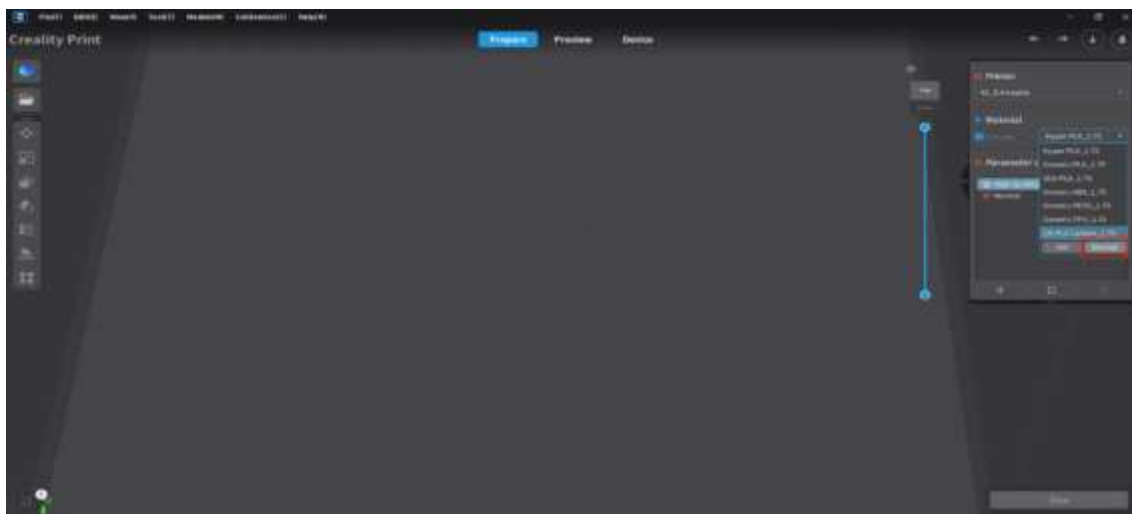


Figura 10: Diagrama esquemático de la entrada para ajustar los parámetros de los consumibles.

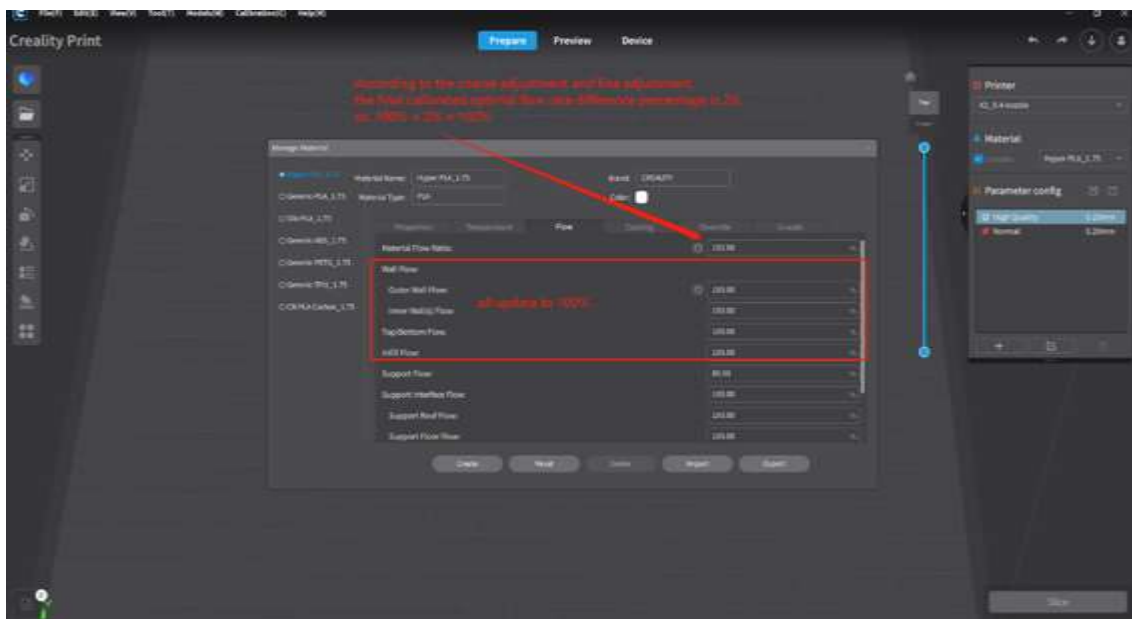


Figura 11: Diagrama esquemático del ajuste de los parámetros de los consumibles según la diferencia en el porcentaje de flujo entre los ajustes grueso y fino.

c. Avance de presión

- Descripción previa al concepto.

El firmware de Klipper optimiza la calidad de impresión en las esquinas introduciendo una compensación de presión. El principio básico es aumentar la presión de la boquilla durante la aceleración para extrudir filamento adicional y reducir la presión de la boquilla para retraer el filamento durante la desaceleración. El parámetro involucrado en la función de compensación de presión es `pressure_advance` (en lo sucesivo denominado PA). Un valor de PA mayor provocará un desbordamiento y un valor de PA menor provocará una extrusión insuficiente de los consumibles. Por lo tanto, existe un valor de PA óptimo y este parámetro está relacionado con el tipo de consumibles, por lo que se recomienda encarecidamente volver a medir el valor de PA más adecuado al cambiar el tipo de consumibles. Ofrecemos dos métodos de prueba, a saber, "torre de PA" y "línea de PA". Cuando se selecciona el método de prueba "torre de PA", al ingresar el valor de PA inicial, el valor de PA final y la distancia de paso de PA, el software de corte generará un modelo de impresión cilíndrico con una sección transversal pentagonal. Durante el proceso de impresión del modelo, el valor de PA cambiará linealmente con el eje Z, es decir, el valor de PA es igual al valor de PA inicial al imprimir la primera capa, y el valor de PA es igual al valor de PA final al imprimir la última capa. Después de la impresión, observe y encuentre la posición con el mejor efecto de impresión, mida la altura de su capa, según la fórmula:

$$PA = \text{empezando } PA + O * P A S P A S O$$

PA inicial: 0, cada 5 pisos es un escalón;
PA final: El modelo de prueba ha impreso el PA de la última capa;
Calcular el valor de PA óptimo, donde Z es la altura de la capa del modelo de prueba.

- Proceso de calibración de presión por adelantado.
- Encontrar la entrada.

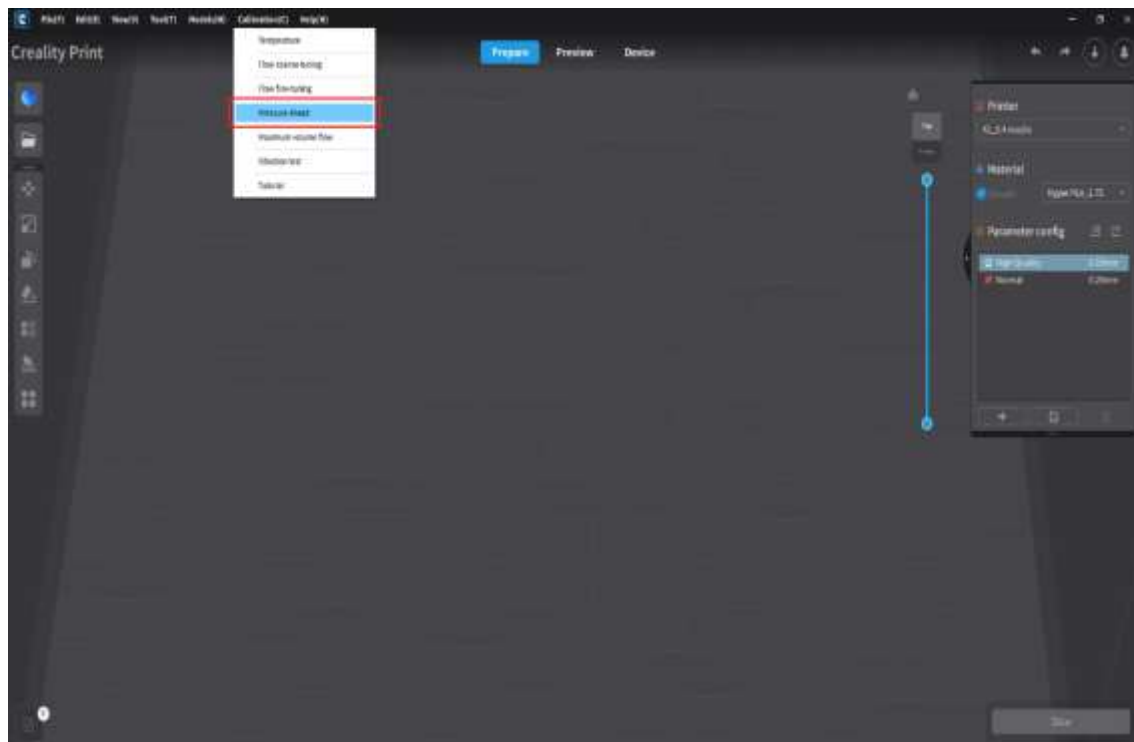


Figura 12: Prueba de torre de PA predeterminada, configuración del rango de PA, inicio del proceso de calibración.

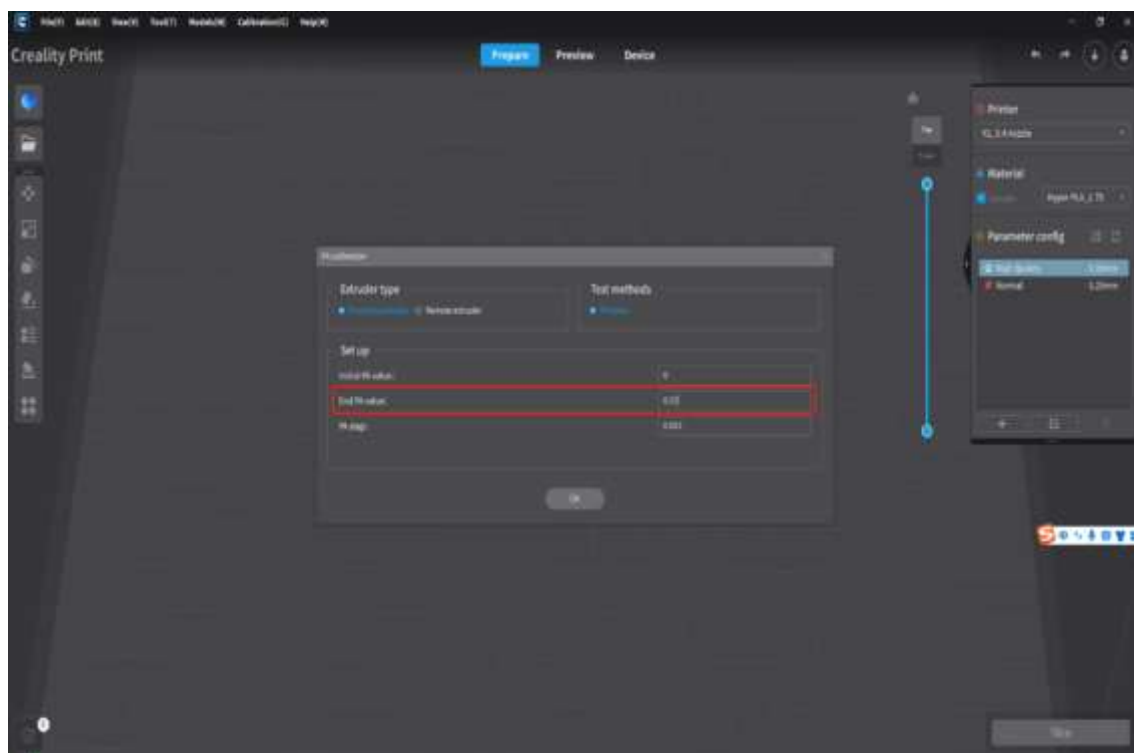


Figura 13: Establezca el rango PA para comparar el efecto de impresión de diferentes rangos.

- Observe y encuentre la posición con el mejor efecto de impresión, mida su altura de capa.

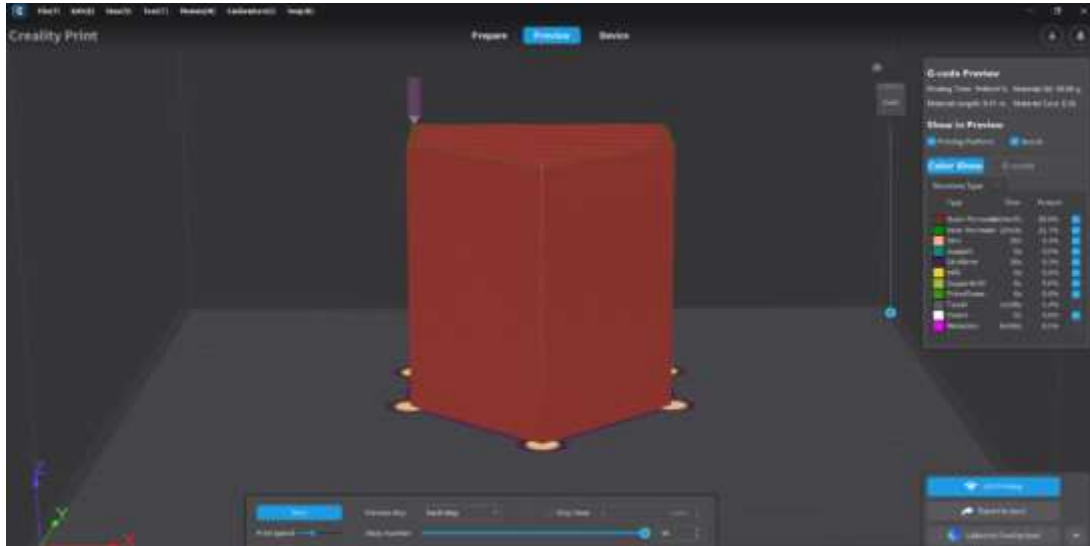


Figura 14: Código G del modelo de prueba de PA.

Código G del modelo de prueba de PA de avance de estrés

- El efecto de impresión real para verificar el efecto de impresión y luego calcular el valor PA de acuerdo con la fórmula



Figura 15: Valor PA óptimo calibrado para modificar.

- Utilice el valor PA óptimo calibrado para modificar los parámetros internos del software (interfaz de parámetros de gestión de consumibles)

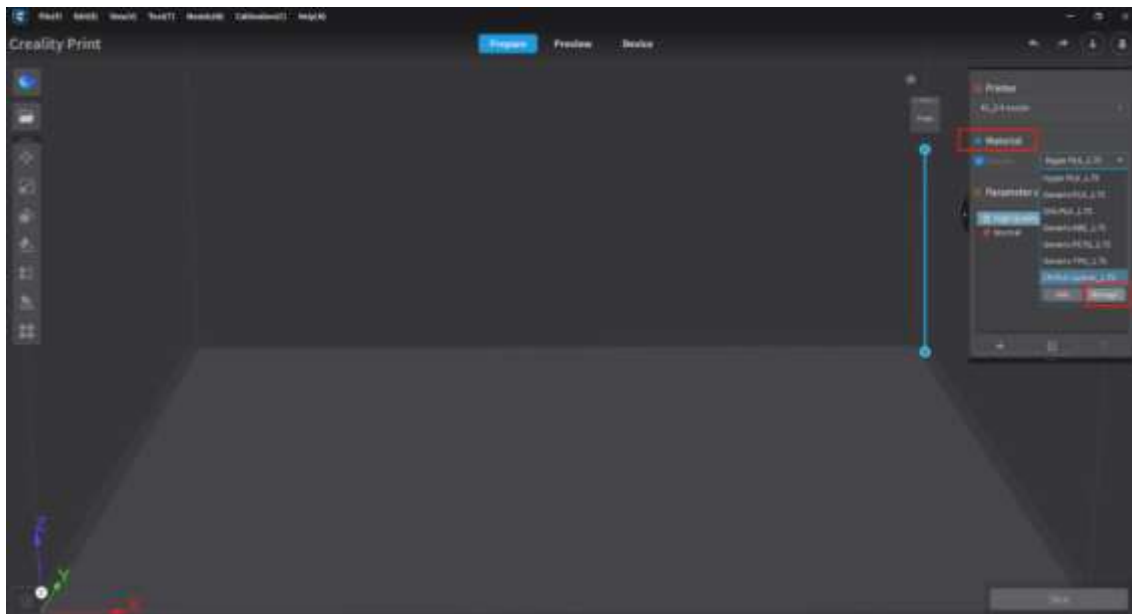


Figura 16: Calibrado para modificar los parámetros internos del software parte 1.

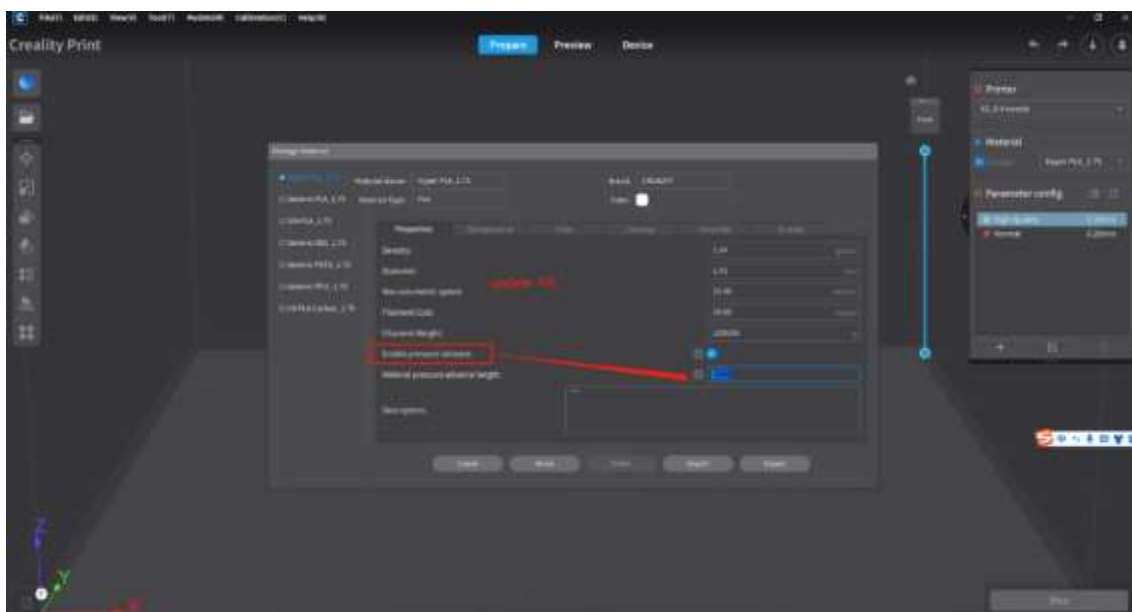


Figura 17: Calibrado para modificar los parámetros internos del software parte 2.

d. Caudal volumétrico máximo

- Descripción general de las dimensiones de calibración del caudal volumétrico máximo

Seleccione "Flujo de volumen máximo" en la pestaña "Calibración", ingrese los tres parámetros de flujo inicial, flujo final y paso de flujo, y el software de corte generará un modelo de prueba de impresión. De manera predeterminada, el flujo inicial es 2, el flujo final es 40 y el paso de flujo es 0,5.

- Procedimiento de calibración del caudal volumétrico máximo.
- Busque la entrada de calibración.

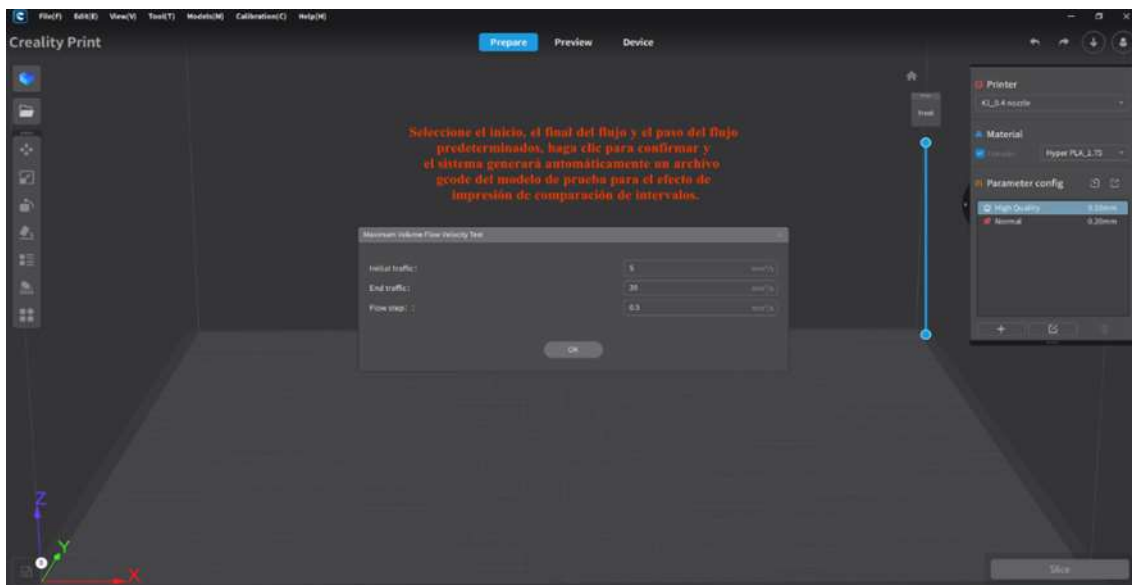


Figura 18: Procedimiento de calibración del caudal volumétrico máximo.

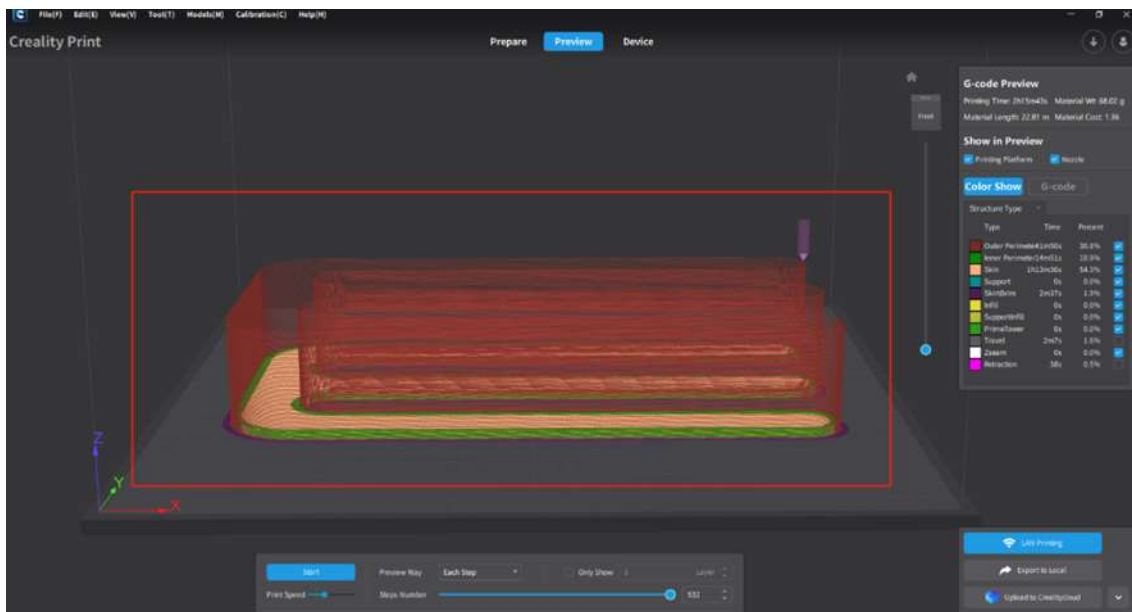


Figura 19: Función de calibración del volumen de flujo máximo

- Ajuste del rango de calibración del volumen de flujo máximo de entrada (predeterminado).
- Compare los efectos de impresión de diferentes alturas de capa para obtener el mejor intervalo de impresión código G de calibración del caudal máximo

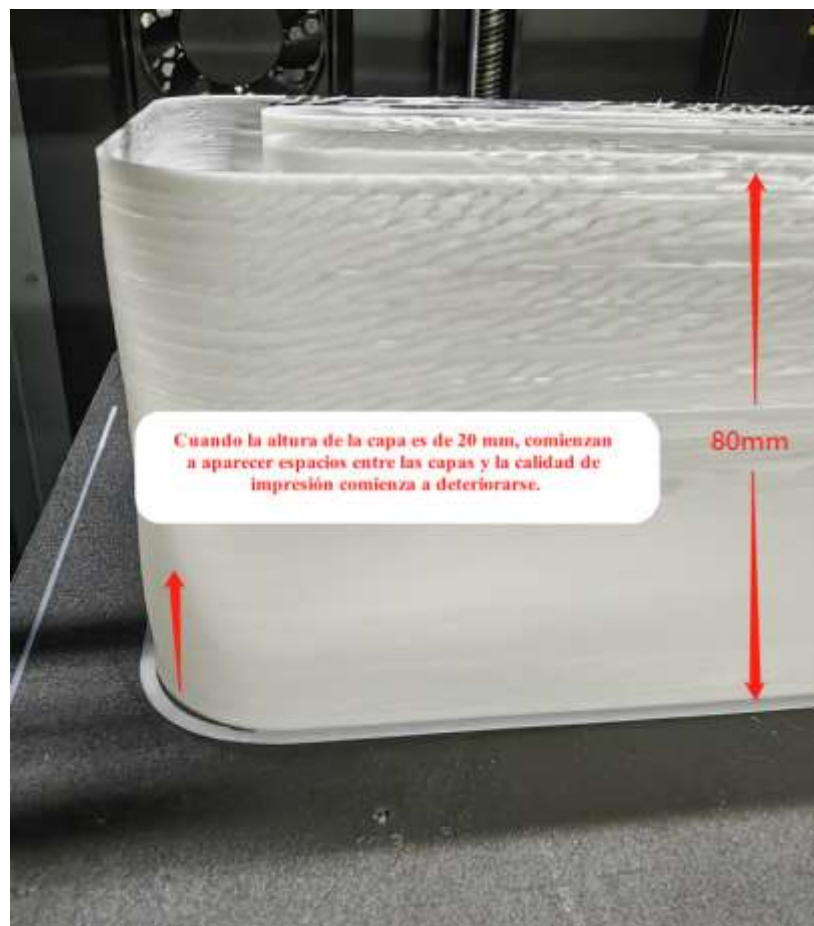


Figura 20: Análisis del efecto de impresión real del caudal máximo.

- Analizar los resultados de la calibración y ajustar los parámetros relacionados
- Análisis de resultados: Debido a que, en la comparación de calibración del efecto de impresión real, descubrimos que cuando la altura de la capa es de alrededor de 20 mm, el efecto de impresión será peor a medida que subimos, por lo que podemos concluir que el valor actual de 20 es el mejor efecto de impresión, por lo que podemos concluir que el volumen de flujo máximo es $20\text{ mm} \cdot 0,5 = 10$.

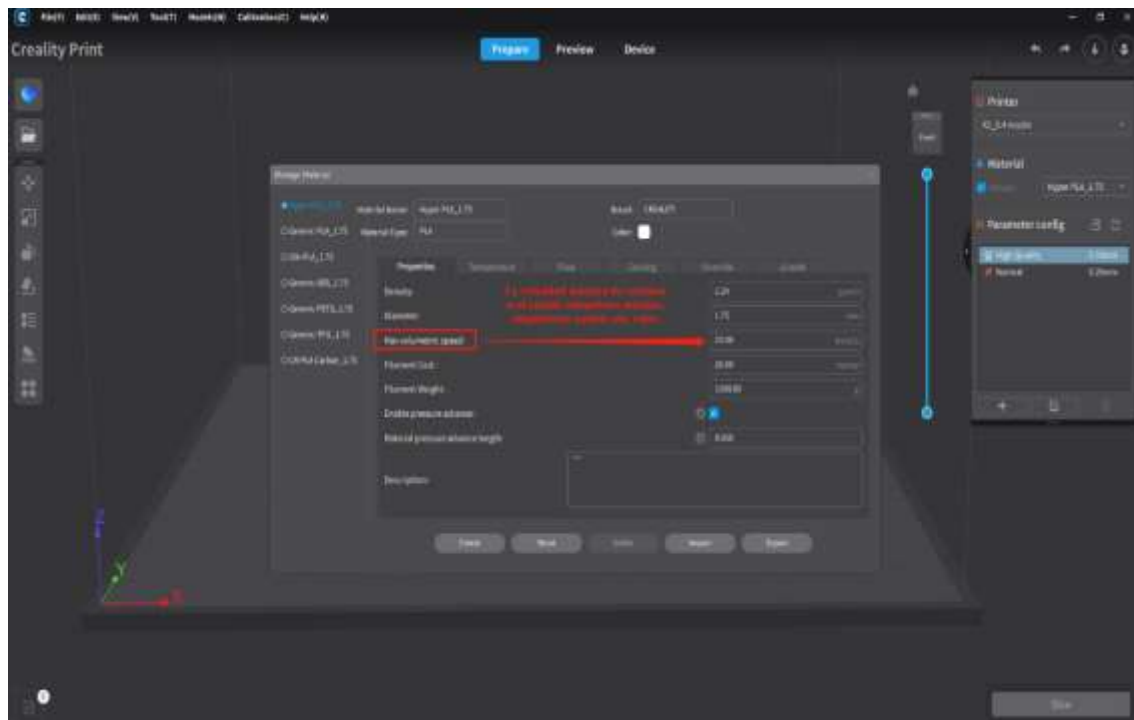


Figura 21: Aplicación de parámetros de impresión 3d obtenidos para PLA.

Vaya al módulo de gestión de consumibles para modificar el valor del parámetro de velocidad de volumen máximo (flujo)

d. VFA (Vibración)

- Descripción del concepto, Seleccione "VFA" en la pestaña "Calibración", ingrese los tres parámetros de caudal inicial, caudal final y paso de caudal, y el software de corte generará un modelo de prueba de impresión. De manera predeterminada, el caudal inicial es 40, el caudal final es 200 y el paso de caudal
- Proceso de calibración (consulte el proceso de calibración de avance de presión y caudal volumétrico máximo)

3.3.2. Determinación de los parámetros de impresión 3d de los envases biodegradables.

Se determino, realizando los test de calibración incluidos en el software para laminado de objeto 3d, "Creality_print", de la marca Creality, versión

4.3.8.6984, para determinar la calidad optima al momento de impresión de los envases tipo botella, en la impreso 3d, marca Creality, modelo K1.

- **Temperatura De Impresión.**

temperaturas de boquilla, diferentes estados de flujo y diferentes avances de presión. Luego, el proceso de observar y comparar el efecto de impresión real de los consumibles en estas diferentes superficies es el proceso de calibración de los consumibles.

En la pestaña “Calibration” en el software para laminado de objeto 3d, “Creality_print”, se hace clic en la tarea “Temperature”, se abre un nuevo panel donde se selecciona la casilla del material PLA, se indica la temperatura inicial y temperatura final, y la disminución de temperatura, por cada rango, clic en OK, y clic en Preview, se generara una torre de temperatura, donde indica la temperatura de cada piso, así se puede determinar la temperatura donde la impresión tiene menos errores, o hilos de filamento suelto.

- **Test de Flujo De Impresión.**

En la pestaña “Calibration” en el software para laminado de objeto 3d, “Creality_print”, se hace clic en la tarea “Flow Rate”, se despliega, 2 nuevas tareas “Pass 1 y Pass 2” se debe realizar en orden correspondiente,

la tarea Pass 1, Durante el proceso de impresión, la impresión de diferentes bloques utilizará diferentes parámetros de flujo, los 9 parámetros de flujo son [-20, -15, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20]. Parámetros de flujo Un valor de 0 significa 100% de caudal, un parámetro de flujo de 20 significa que el caudal se expande a 1,2 veces el original y un parámetro de flujo de -20 significa que el caudal se reduce a 0,8 veces el original).

La tarea Pass2, genera un nuevo panel, donde se seleccón la placa que a tenido mejor resultado, se generara nuevas placas, partiendo del porcentaje seleccionado, en intervalos de -1%, hasta completar 9 placas, Se puede ver en los resultados de la impresión que cuando el parámetro de flujo es 20, se extruirán más consumibles, lo que

provocará una acumulación de consumibles y una superficie rugosa. Cuando el parámetro de flujo es -20, los consumibles se extruirán insuficientemente durante el proceso de impresión, lo que provocará poros en la superficie. Cuando el parámetro de flujo es 5, el efecto de impresión es mejor y la superficie es lisa.

A partir de este ajuste aproximado del flujo, obtenemos el porcentaje de extrusión del flujo para obtener los mejores resultados de impresión.

3.3.3. Caracterización del yogurt natural.

A. Evaluación Físico-química

- Determinación de Acidez

Se coloca 6 mL de muestra de yogur en un matraz de 250 mL más 3 gotas del fenolftaleína al 1%, Luego se tituló con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N, manteniendo en continua agitación hasta observar un cambio de coloración a rosa fucsia de manera constante de 15 a 30 segundos. (según NTP 202. 116, método volumétrico) Se determinó el porcentaje de acidez mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de acides} = \frac{(mL \text{ de NaOH}) \times N \text{ de NaOH} \times 9}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

- Determinación de PH

Se calibró con el pH- metro digital, en seguida se incorporó 25 mL de muestra de yogur en un vaso precipitado y se introdujo el sensor, luego de un minuto se procedió a la lectura correspondiente.

B. Evaluación Microbiológica

- Recuentos de Coliformes totales

Para calcular el recuento de coliformes totales en la muestra, se prepararon las diluciones 10¹ de cada muestra, se hizo la inoculación por triplicado (1 ml) de cada una de las diluciones de las muestras de yogurt, en las placas de Petri, para su incubación a 35°±2°C durante

24 horas. Posteriormente, se realizó el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC), considerando el factor de dilución.

- **Recuento de Mohos y levaduras**

Para el recuento de Mohos y levaduras se preparó las diluciones 10¹ en cada una de las muestras de yogur, en 1 ml de muestra de yogur en 9 ml de agua de peptona, luego se inocula por triplicado cada una de las diluciones. Posteriormente, se incubó las placas a 25 °C x 5 días.

3.3.4. Evaluación de la vida útil del yogurt natural en envases biodegradables a base de ácido poliláctico (PLA)

Evaluación Físico-química del yogurt natural

Se determinó que los puntos críticos la Acidez Titulable y el pH, el yogurt natural se almacena a 5°C por 15 días, tomando muestra cada tercer día (Día 3, Día 6, Día 9, Día 12 y Día 15)

A. Determinación de Acidez del yogurt natural

Se coloca 6 mL de muestra de yogur en un matraz de 250 mL más 3 gotas del fenolftaleína al 1%, Luego se tituló con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N, manteniendo en continua agitación hasta observar un cambio de coloración a rosa fucsia de manera constante de 15 a 30 segundos. (según NTP 202. 116, método volumétrico) Se determinó el porcentaje de acidez mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{(\text{mL de NaOH}) \times N \text{ de NaOH} \times 9}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Determinación de PH del yogurt natural

Se calibró con el pH- metro digital, en seguida se incorporó 25 mL de muestra de yogur en un vaso precipitado y se introdujo el sensor, luego de un minuto se procedió a la lectura correspondiente.

B. Evaluación Microbiológica del yogurt natural

El yogur natural se almacena a 5°C por 15 días, tomando muestra cada tercer día (Día 3, Día 6, Día 9, Día 12 y Día 15) y se calculó, Recuentos de Coliformes totales y Recuento de Mohos y levaduras

Recuentos de Coliformes totales (UFC) del yogurt natural

Para calcular el recuento de coliformes totales en la muestra, se prepararon las diluciones 10¹ de cada muestra, se hizo la inoculación por triplicado (1 ml) de cada una de las diluciones de las muestras de yogurt, en las placas de Petri, para su incubación a 35°±2°C durante 24 horas. Posteriormente, se realizó el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC), considerando el factor de dilución.

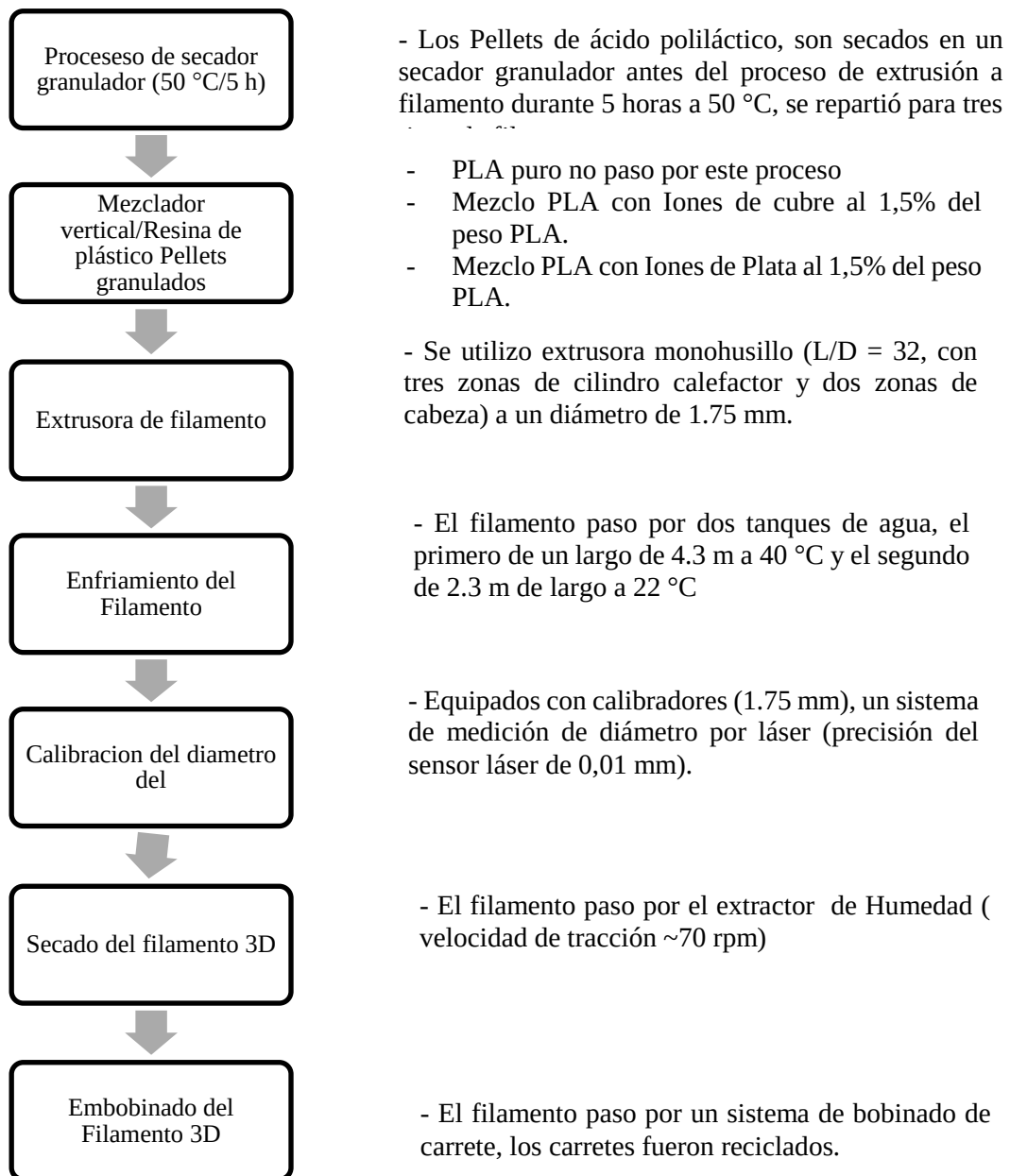
Recuento de Mohos y levaduras del yogurt natural

Para el recuento de Mohos y levaduras se preparó las diluciones 10¹ en cada una de las muestras de yogur, en 1 ml de muestra de yogur en 9 ml de agua de peptona, luego se inocula por triplicado cada una de las diluciones. Posteriormente, se incuban las placas a 25 °C x 5 días.

3.4. Metodología

3.4.1. Elaboración de Filamento 3d, a base de Pellets de Ácido Poliláctico (PLA), ion de cobre (Cu^+) y ion de plata (Ag^+)

Figura 22: Diagrama de flujo de sistema de formación de filamentos a base de PLA.



Elaboración de Filamento 3d, a base de pellets de ácido poliláctico (PLA), ion de cobre (Cu^+) y ion de plata (Ag^+) El sistema de formación de filamentos utilizado para la obtención del filamento PLA/con un diámetro de 1,75 mm) se expresa en la siguiente figura:

ESTANTE DE ALMACENAMIENTO

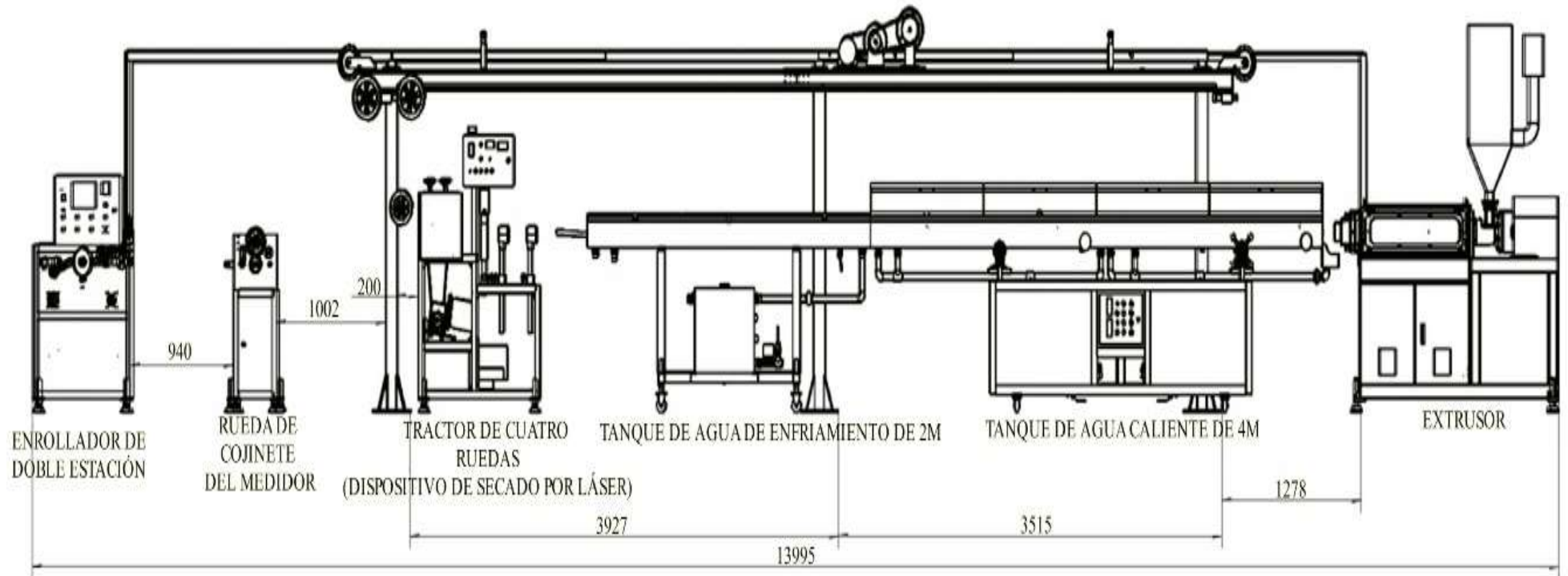


Figura 23: Diagrama de flujo de los equipos para extrusión de filamentos.

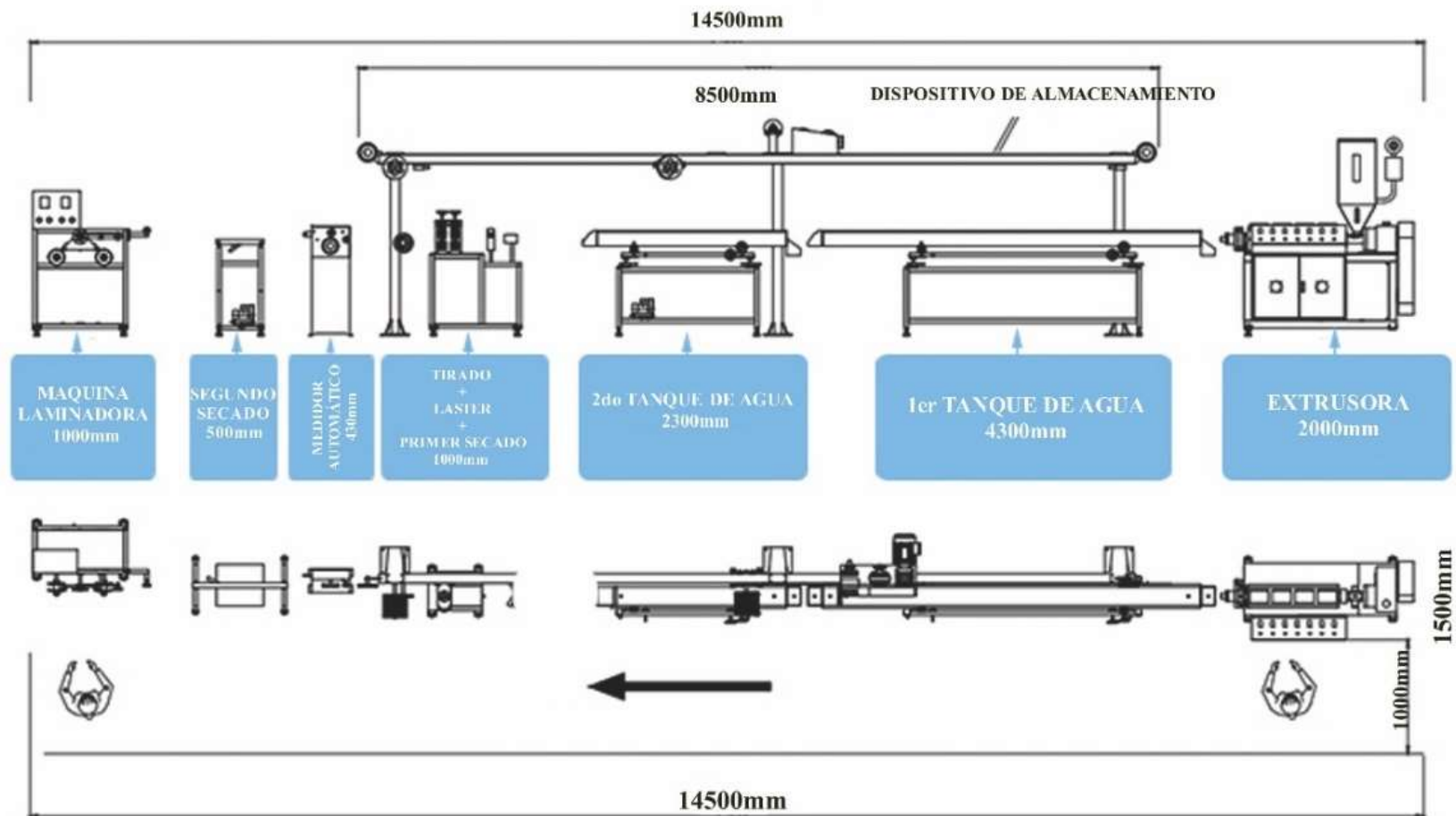
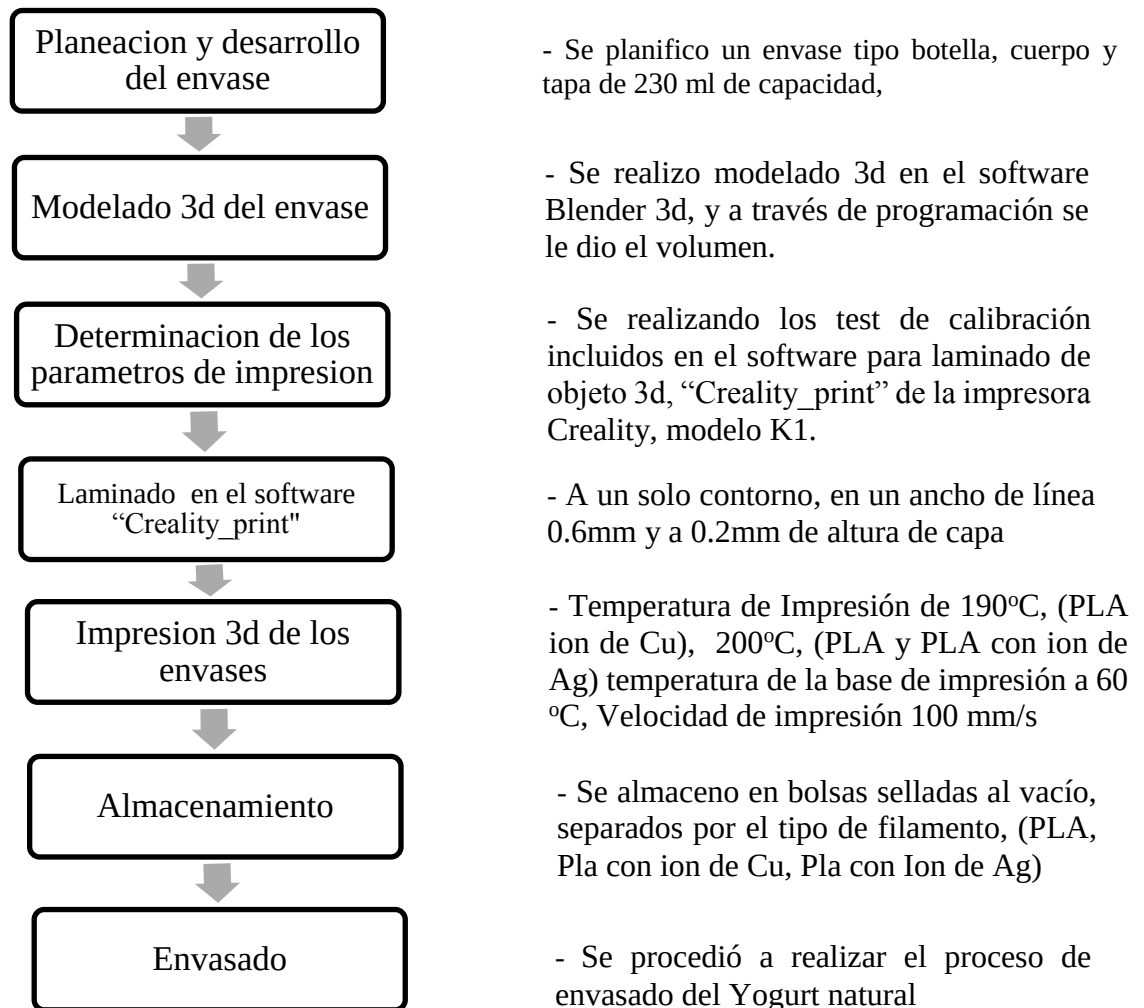


Figura 24: Diagrama de flujo de área de trabajo para extrusión de filamentos.

3.4.2. Proceso de desarrollo y fabricación de envases biodegradables a partir de ácido poliláctico (PLA)

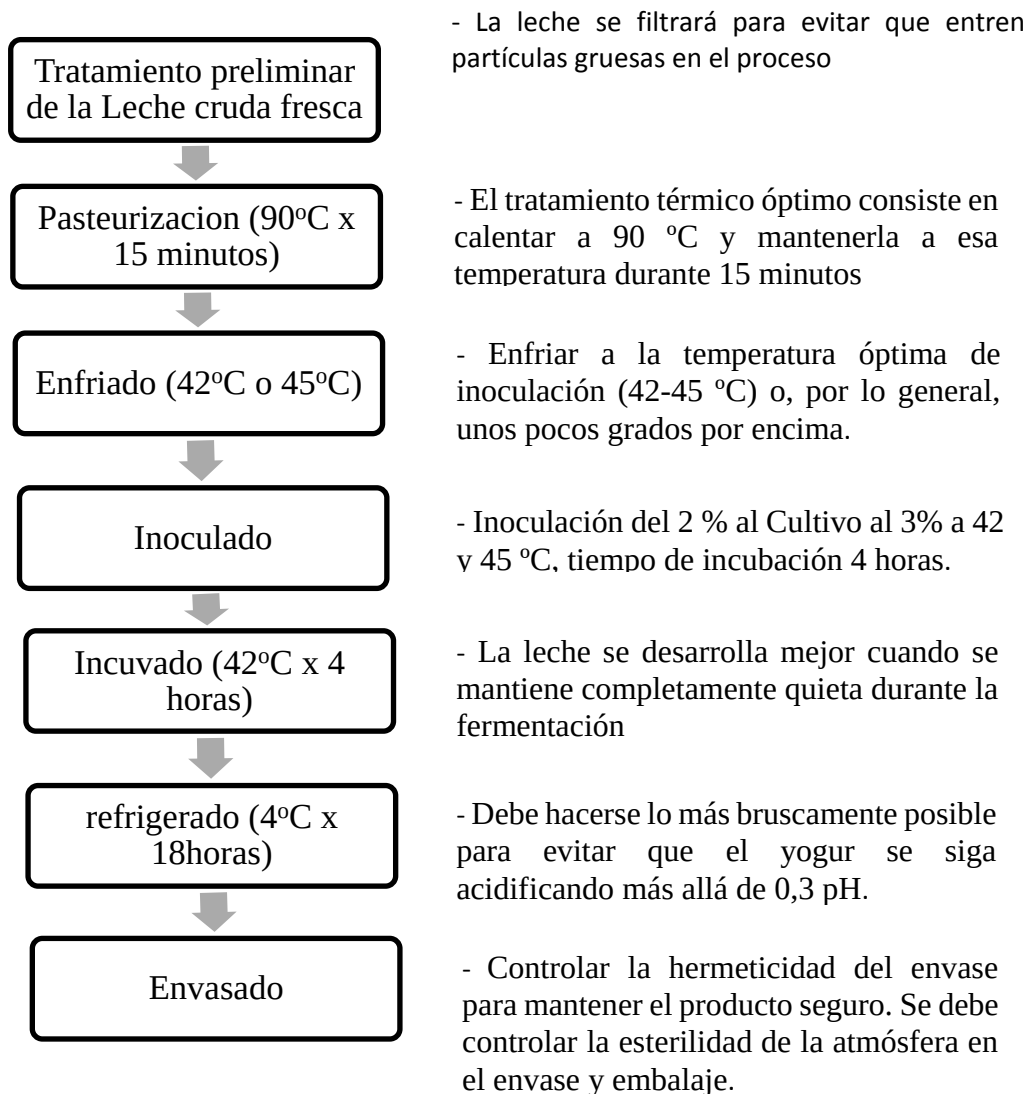
Figura 25: diagrama de flujo de Proceso de desarrollo y fabricación de envases biodegradables a partir de ácido poliláctico.



3.4.3. Elaboración de Yogur Natural

Figura 26: Diagrama de Elaboración de Yogur Natural.

Proceso de Elaboración de Yogur Natural



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.Determinación de propiedades físicas de los envases de ácido poliláctico.

Las propiedades físicas del filamento se obtuvieron, al momento ser extruido los pellets a filamento en la planta de Krear3d ubicada en Lima.

Tabla 3: Resultado de Las propiedades físicas del filamento a base de ácido poliláctico.

<i>Material del filamento 3d</i>	<i>Densidad</i>	<i>Punto de fusión</i>
<i>PLA</i>	1.17 g/cm ³ at 23°C	7-11 g/10min
<i>PLA con Iones de Cobre</i>	1.24 g/cm ³ at 23°C	8 g/10min
<i>PLA con Iones de Plata</i>	1.31g/cm ³ at 23°C	14-20 g/10min

La densidad del filamento ácido poliláctico (PLA) obtenido fue de 1.17 g/cm³ a una temperatura de 23°C. La densidad del filamento ácido poliláctico (PLA) con Iones de Cobre fue de 1.24 g/cm³ a una temperatura 23°C y La densidad de volumen de Iones de cobre utilizada fue de 0.115 y La densidad del filamento ácido poliláctico (PLA) con Iones de Plata fue 1.31g/cm³ a una temperatura de 23°C y la densidad de volumen de Iones de plata aplicados fue de 0.121, ambos Los diámetros de las partículas de Cu y plata varían considerablemente, $32 \pm 30 \mu\text{m}$, datos proporcionados por la empresa Krear3d. Las propiedades físicas son importantes; uno debe conocer las dimensiones, el tamaño y los requisitos de peso para una pieza o producto deseado. La densidad también puede ser un parámetro de diseño muy importante, La densidad se usa a menudo para el cálculo de "propiedades específicas", es decir, dividiendo las propiedades mecánicas por la densidad apropiada. Estas propiedades específicas, en consecuencia, brindan una mejor noción de la resistencia intrínseca del constructo que uno desea construir. (Shady, Daniel, & Robert, 2016)

Conocer la densidad del PLA permite estimar el peso de una pieza impresa, calcular la cantidad de material necesaria para una impresión específica, y también, en algunos casos, puede influir en la elección de la densidad de relleno ideal para obtener las propiedades deseadas en la pieza. (Bhatia, Gupta, Bhattacharya, & Choi, 2007)

4.2.Determinación de propiedades térmicas de los envases de ácido poliláctico.

Las características térmicas fueron estudiadas mediante DSC y TGA. Las mediciones de DSC se escogieron utilizando un equipo propiedad de la empresa Krear3d, ubicada en la ciudad de Lima, fue el calorímetro diferencial de barrido de la marca Netzsch modelo 204F1 Phoenix (procedencia Alemania), bajo una atmósfera de nitrógeno (20 ml min^{-1}) en un rango de temperatura de $25\text{--}220^\circ\text{C}$ y una velocidad de calentamiento/enfriamiento de 10°C/min .

Tabla 4: Determinación de propiedades térmicas de ácido poliláctico.

Material del Filamento 3d	Temperatura de:				
	Transición Vítre	Fusión	Reblandecimiento Vicat	Deflexión Del Calor	Deflexión Térmica
PLA	61°C	160 °C	62.9 °C	58.1 °C	59.8 °C
PLA con Iones de Cobre	59 °C	161 °C	62 °C	56.2 °C	58.4 °C
PLA con Iones de Plata	60.6 °C	162.6 °C	62.7 °C	52°C	57.8°C

La Transición Vítre, del filamento del ácido polilactico (PLA) fue 61°C , La Transición Vítre filamento de PLA con Iones de Cobre 59°C y La Transición Vítre PLA con Iones de Plata 60.6°C , el punto de fusión del ácido polilactico (PLA) fue 160° , el punto de fusión filamento de PLA con Iones de Cobre 161°C , y el punto de fusión PLA con Iones de Plata 162.6°C Hay diferencias en las propiedades térmicas y filamentos de diferentes, (PLA, Pla con iones de cobre, y pelea con iones de plata) pero no significativas. Esto confirma que, para el uso general, parámetros para ser utilizados en impresión 3d no deben cambiar los ajustes recomendados para los diferentes tipos del filamento PLA no carece de fundamento para la mayoría de los usuarios de impresoras 3D. (Rashedi, Khajavi, Rashidi, Rahimi, & Bahador, 2021)

Por otro lado, estas desviaciones entre ellos están presentes y deben tenerse en cuenta durante el uso específico del material. Algunas de las conclusiones más

importantes de estas investigaciones son: para las muestras examinadas, aunque este cambio no es significativo (hasta 16 °C). La temperatura de fusión algunos casos incluso a simple vista. El proceso de impresión y la temperatura de impresión tienen un impacto significativo en las propiedades térmicas del polímero. La impresión reduce las temperaturas de transición vítrea y las temperaturas de fusión para todos los filamentos investigados. La temperatura de impresión más alta también puede resultar en una mayor disminución de estas temperaturas. El PLA, después de las modificaciones adecuadas, puede expandir su superficie de interfaz y, con el conocimiento correcto sobre la configuración de impresión y la modificación del material, se puede utilizar, por ejemplo, como base para el crecimiento de colonias de células o en química verde. (Mikołajczyk & Kuberski, 2019)

La temperatura de transición vítrea y la temperatura de fusión del PLA determinan la configuración óptima de la temperatura de la impresora y la cama para obtener la mejor calidad de impresión, evitando deformaciones y asegurando la estabilidad del objeto impreso. (Groh, et al., 2019)

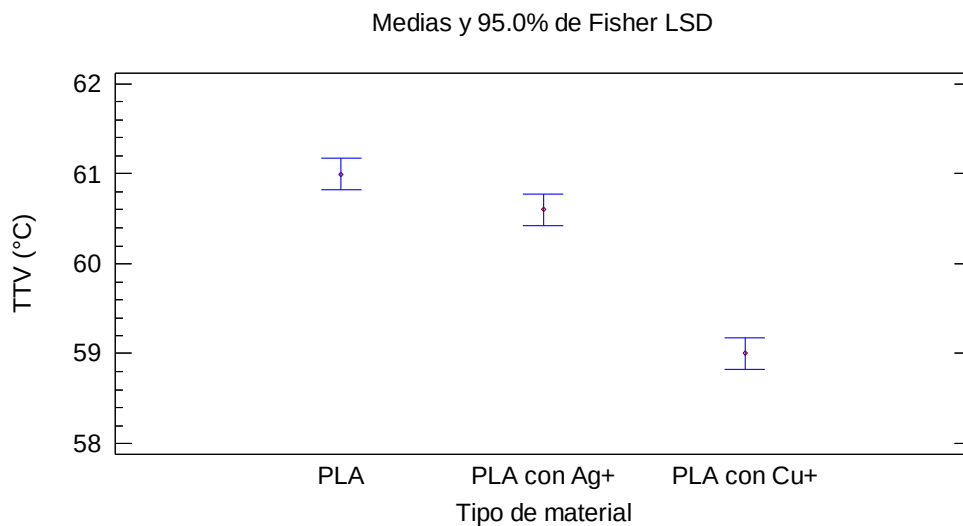


Figura 27: Gráficos de medias temperatura de transición vítrea (°C) de los envases de ácido poliláctico.

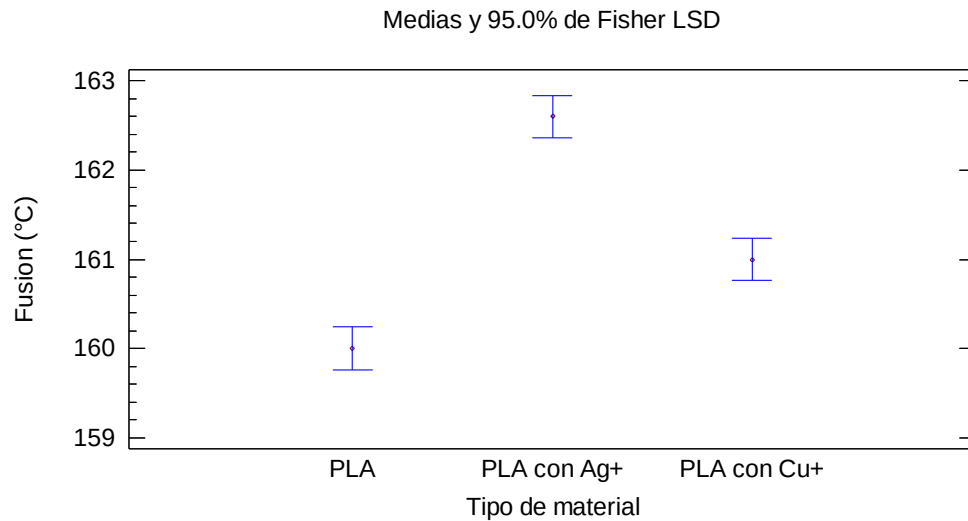


Figura 28: Gráficos de medias temperatura de transición fusión (°C) de los envases de ácido poliláctico.

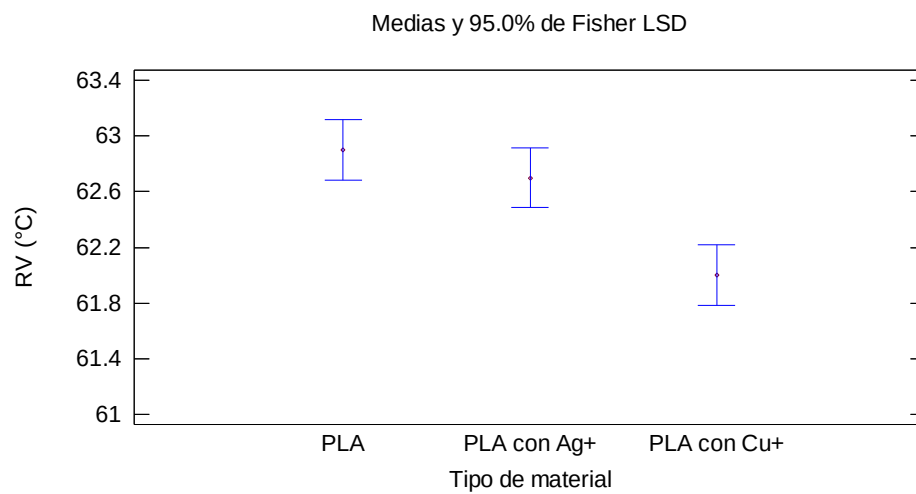


Figura 29: Gráficos de medias temperatura de reblandecimiento vicat (°C) de los envases de ácido poliláctico.

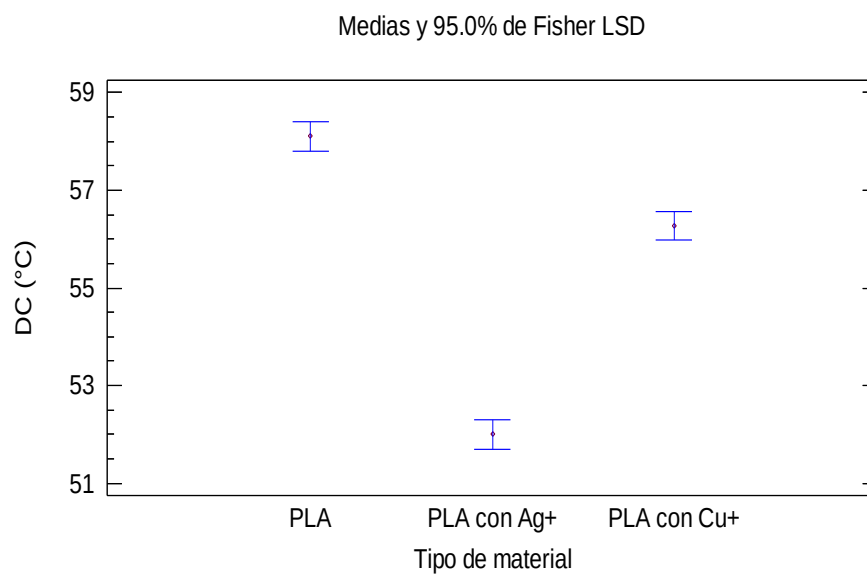


Figura 30: Gráficos de medias temperatura de deflexión del calor (°C) de los envases de ácido poliláctico.

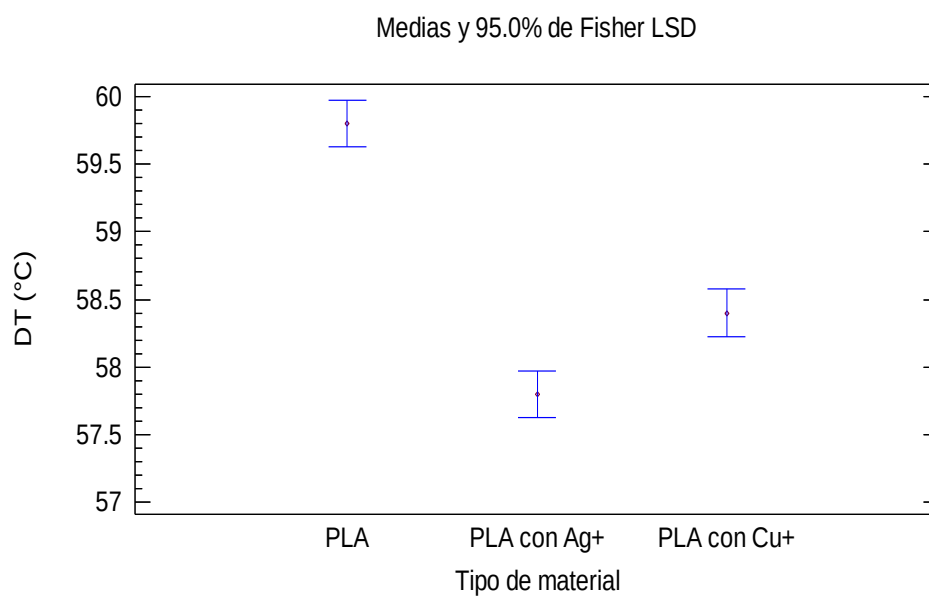


Figura 31: Gráficos de medias temperatura de deflexión térmica (°C) de los envases de ácido poliláctico.

4.3.Determinación de propiedades mecánicas de los envases de ácido poliláctico.

Se determino mediante una máquina Zwick/Roell Z020, propiedad de la empresa Krear3d, empresa con planta de fabricación de Filamentos, ubicada en la ciudad de Lima.

Tabla 5: Determinación de propiedades mecánicas de los envases a base de ácido poliláctico.

	PLA	PLA con Iones de Cobre	PLA con Iones de Plata
El Módulo De Young (X -Y) (MPa)	2636 ± 330	1951 ± 51	1882 ± 141
Resistencia A La Tracción (X -Y) (MPa)	46.6 ± 0.9	27.0 ± 0.5	20.9 ± 2.0
Resistencia A La Tracción (Z) (MPa)	43.5 ± 3.1	20.7 ± 1.0	18.0 ± 0.3
Elongación De Rotura (X -Y)	1.90 ± 0.21 %	4.92 ± 1.85 %	34.5 ± 8.1 %
Módulo De Flexión (X -Y) (MPa)	3283 ± 132	2232 ± 408	2695 ± 541
Resistencia a La Flexión (X -Y) (MPa)	85.1 ± 2.9	49.5 ± 1.8	39.6 ± 1.1
Resistencia Al Impacto Charpy (X -Y) (kJ/m²)	2.68 ± 0.16	5.76 ± 0.85	5.7 ± 0.4 kJ

Se estudió la influencia de la orientación de la capa, la altura de la capa, el ancho del filamento, la velocidad de impresión, la densidad de relleno La orientación del apilamiento de las capas es el parámetro más influyente en la rigidez, en la resistencia a la flexión y en la deformación máxima. La altura de la capa y el ancho del filamento tuvieron una gran importancia en la rigidez y la resistencia a la flexión y no influyeron en la deformación máxima. La velocidad de impresión tuvo un efecto pequeño, pero significativo, en la rigidez y la resistencia a la flexión y no influyó en la deformación máxima. La densidad de relleno y el patrón de relleno no tuvieron efecto en las propiedades mecánicas estudiadas. La orientación de las capas de apilamiento en Y, la altura de capa de 0,1 mm, el ancho

de filamento de 0,6 mm y la velocidad de impresión de 20 mm/min fue la combinación. (Auras, Singh, & Singh, 2005)

Determinar los parámetros de impresión del PLA (ácido poliláctico) es crucial porque afecta directamente la calidad, durabilidad y eficiencia de las piezas impresas. Los parámetros como la temperatura de impresión, la altura de capa, la velocidad y el relleno, entre otros, influyen en la adhesión de las capas, el acabado superficial, la resistencia y el tiempo de impresión. (Mikołajczyk & Kuberski, 2019)

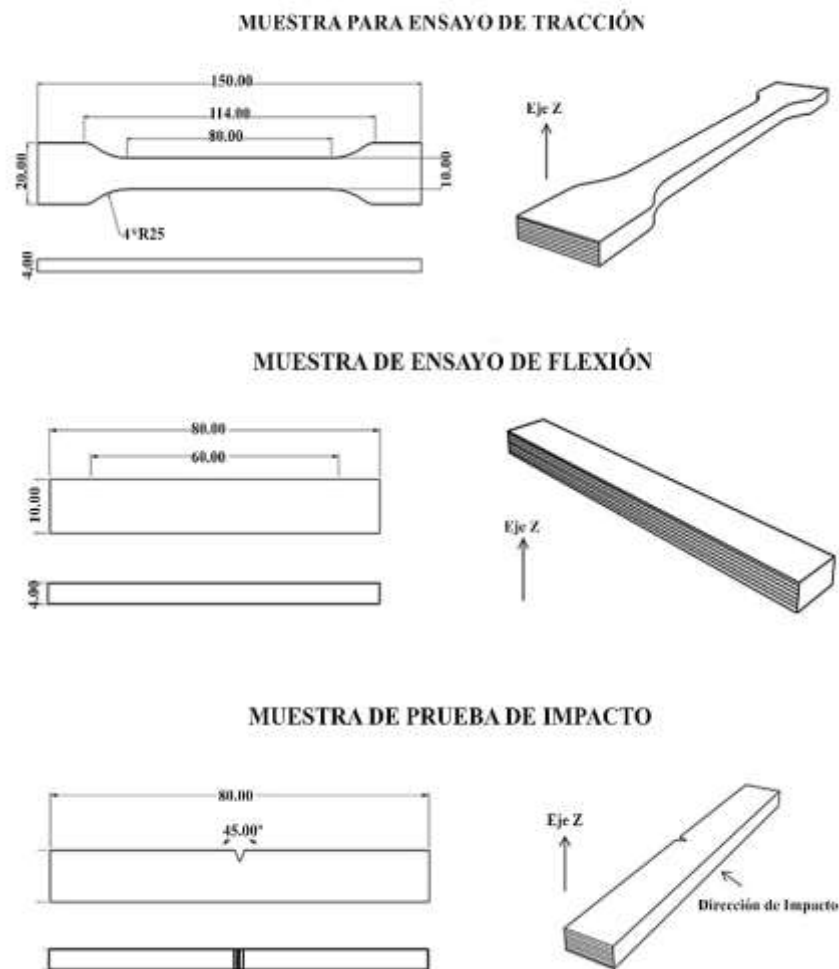


Figura 32: Diseño de piezas impresas en 3d para muestras de ensayos para la determinación de propiedades físicas.

óptima obtenida que permitirá maximizar la rigidez y la resistencia a la flexión. La dirección de impresión en el eje Y mostró el mejor comportamiento mecánico debido a su resistencia dependiente de la fuerte unión intracapa. El gran ancho de filamento, la pequeña altura de capa y la baja velocidad de impresión formaron probetas con mejor compactación y soldadura entre alambres, y generaron una mejor rigidez y resistencia a la flexión. No se pudo asegurar que una mayor altura de capa mejore la vida útil por fatiga. Dependiendo de la propiedad mecánica a mejorar, la combinación de parámetros óptimos a utilizar es diferente. (Travieso, y otros, 2019)

Preparación de Los composites de PLA con aditivos adecuados es la técnica más útil para mejorar las propiedades de las piezas de PLA impresas en 3D obtenidas mediante el método FDM. En la última década, el PLA recientemente desarrollado los compuestos encuentran grandes áreas de uso tanto en los círculos académicos como industriales. Esta revisión se centra en la química y las propiedades del PLA puro y también los métodos de preparación de los compuestos de PLA que será utilizado como materia prima en impresoras 3D. Los principales inconvenientes de los filamentos de PLA puro y la necesidad de preparar compuestos de PLA que se emplearán en el sistema basado en FDM. (Jin & Zhang, 2008)

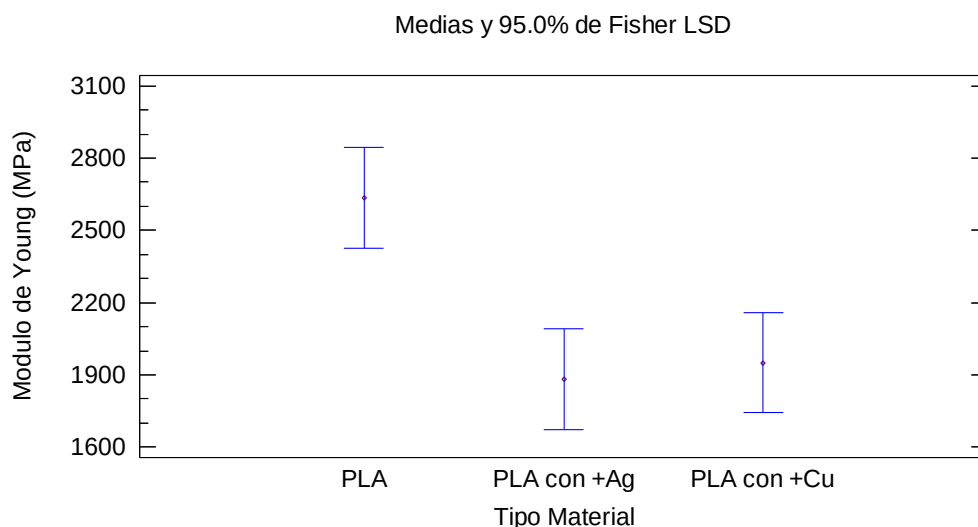


Figura 33: Gráficos de medias el módulo de Young (X -Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.

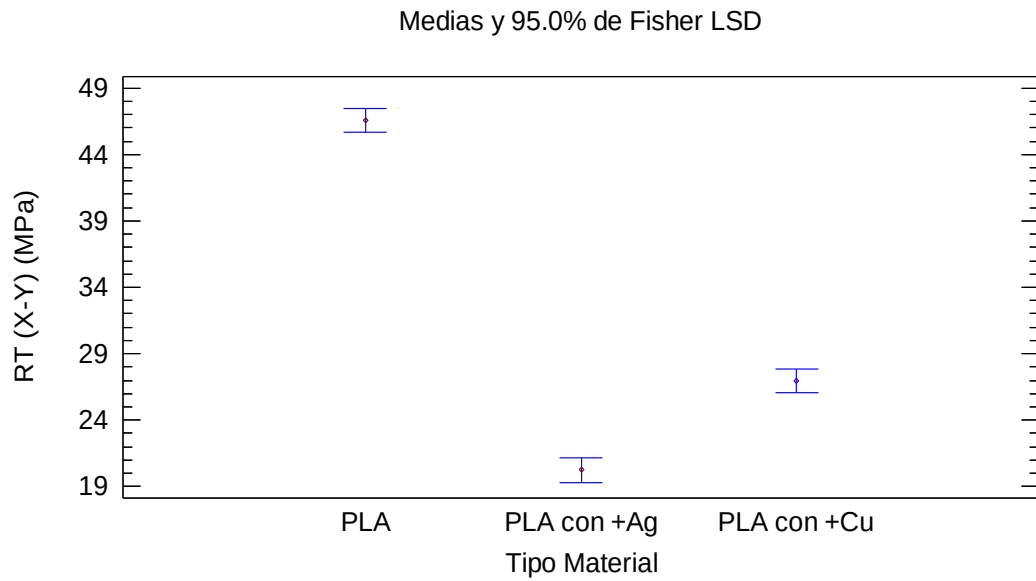


Figura 34: Gráficos de medias resistencia a la tracción (X -Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.

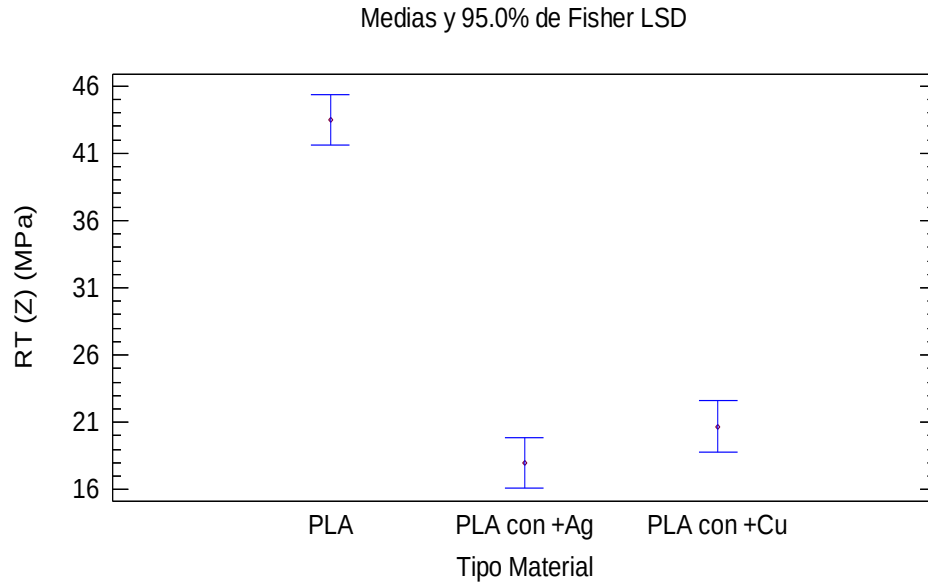


Figura 35: Gráficos de medias resistencia a la tracción (Z) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.

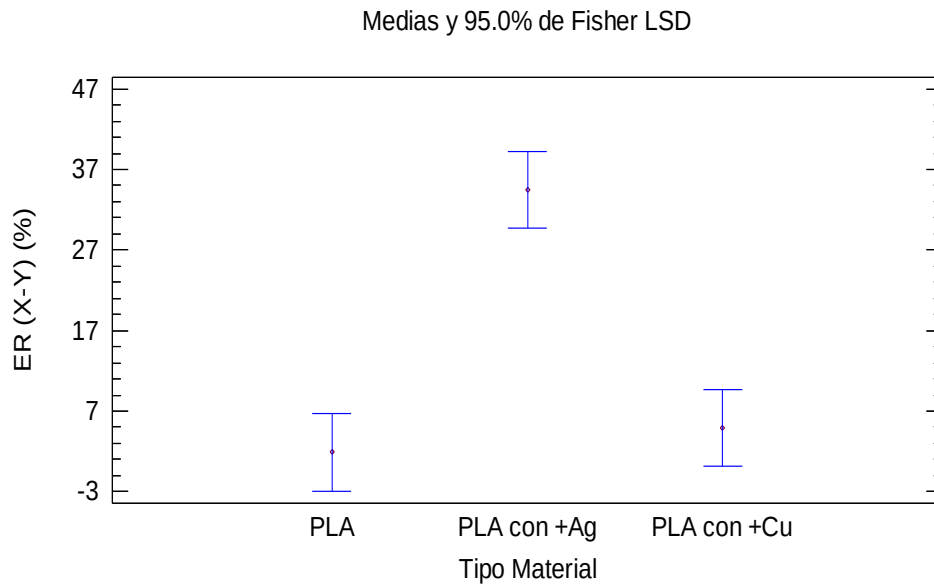


Figura 36: gráficos de medias elongación de rotura (X -Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.

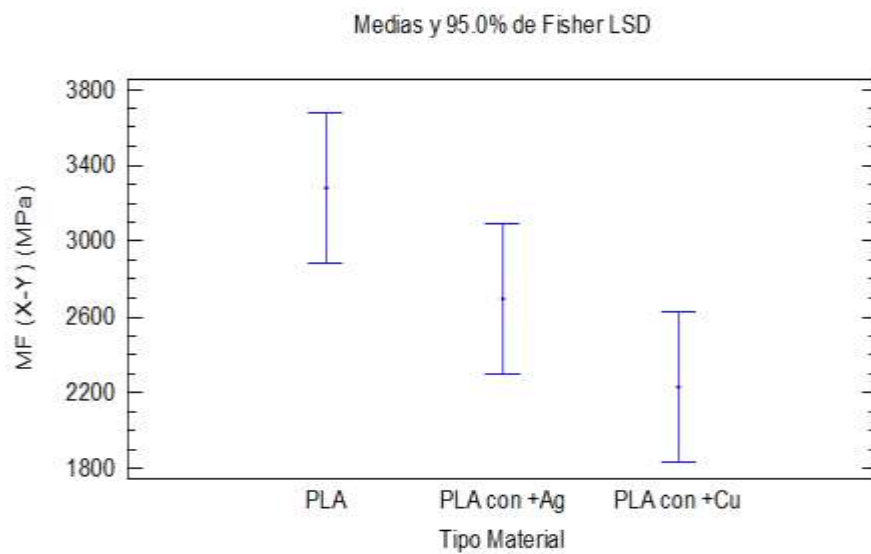


Figura 37: Gráficos de medias módulo de flexión (X-Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.

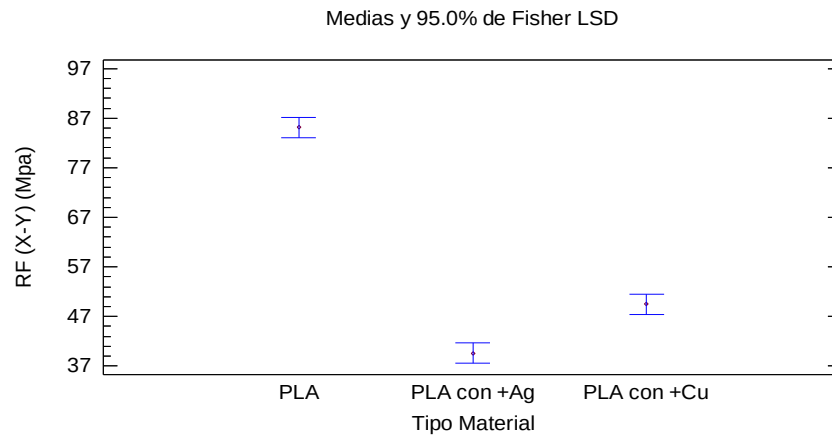


Figura 38: Gráficos de medias resistencia a la flexión (X -Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.

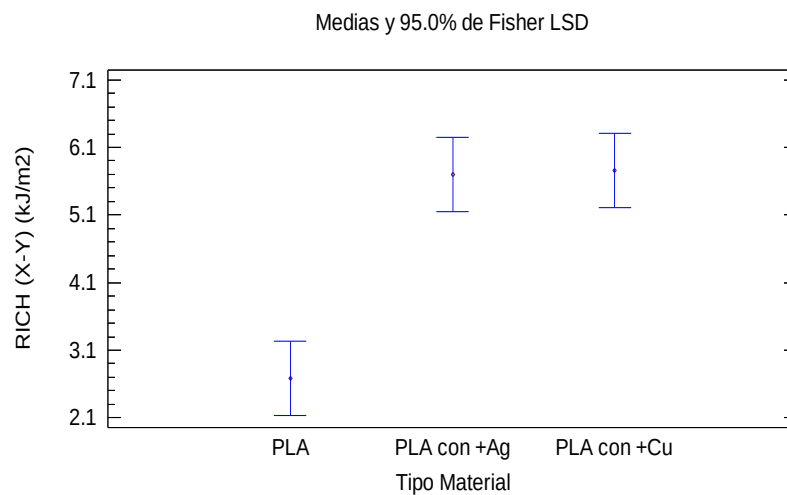


Figura 39: gráficos de medias resistencia al impacto Charpy (X -Y) (MPa) de los envases de ácido poliláctico.

4.4.Determinación de los parámetros de impresión 3d de los envases biodegradables.

Se determino, realizando los test de calibración incluidos en el software para laminado de objeto 3d, “Creality_print”, de la marca Creality, versión 4.3.8.6984, para determinar la calidad optima al momento de impresión de los envases tipo botella, en la impreso 3d, marca Creality, modelo K1.

Tabla 6: Determinación de los parámetros de impresión 3d de los envases biodegradables.

	<i>PLA</i>	<i>PLA con Iones de Cobre</i>	<i>PLA con Iones de Plata</i>
<i>Temperatura de la boquilla</i>	200 °C	195 °C	190 °C
<i>Temperatura de la placa de construcción</i>	25 - 60 (°C)	25 - 60 (°C)	25 - 60 (°C)
<i>Distancia de retracción</i>	1mm	1 - 3 (mm)	1mm
<i>Velocidad de retracción 20</i>	20 mm/s	30 mm/s	20 mm/s
<i>Flujo</i>	100%	98%	95%

La tecnología de impresoras 3D basadas en material de deposición fundida se ha desarrollado intensamente con diferentes calidades. Sin embargo, la configuración predeterminada de los parámetros del proceso de impresión proporcionados por el fabricante en algunos casos no garantiza la calidad (error de dimensión y resistencia) de la pieza impresa, ya que hay varios parámetros del proceso que deben tenerse en cuenta. Es biocompatible y bioabsorbible, Se puede utilizar en una serie de aplicaciones biomédicas, como suturas, implantes, fijación de fracturas, administración de fármacos e ingeniería de tejidos. (Bouzidi, Guessoum, Fois, & Haddaoui, 2017)

PLA es biodegradable, puede emplearse en la elaboración de bioplásticos, para producir envases sueltos, bolsas de compost, envases de alimentos, vajilla desechable, textiles, toldos, productos de higiene femenina y pañales A medida que se acerca el agotamiento de las materias primas petroquímicas, el PLA se está convirtiendo en una alternativa ambientalmente sostenible a los productos derivados de petroquímicos debido a su biodegradabilidad. características y el carácter renovable de sus materia prima. (Pang, Zhuang, Tang, & Chen, 2010)

Dimensiones del envase impreso; el envase forma de botella optimizada, en el anexo esta detallada toda la programación para su fabricación en Código Klipper que es firmwares para la programación de impresoras 3D; la Botella tiene una capacidad de 180g, y está compuesta de dos partes, cuerpo y tapa. **Norma Técnica Peruana 202.092:2024**

Tabla 7: Dimensiones del envase impreso; el envase forma de botella optimizada

Partes del envase	Dimensiones del envase		
	dimensión en eje X	dimensión en eje y	dimensión en eje z
Cuerpo del envase	58.13 mm	58.13 mm	140 mm
Tapa del envase	42.25 mm	42.25 mm	14.08

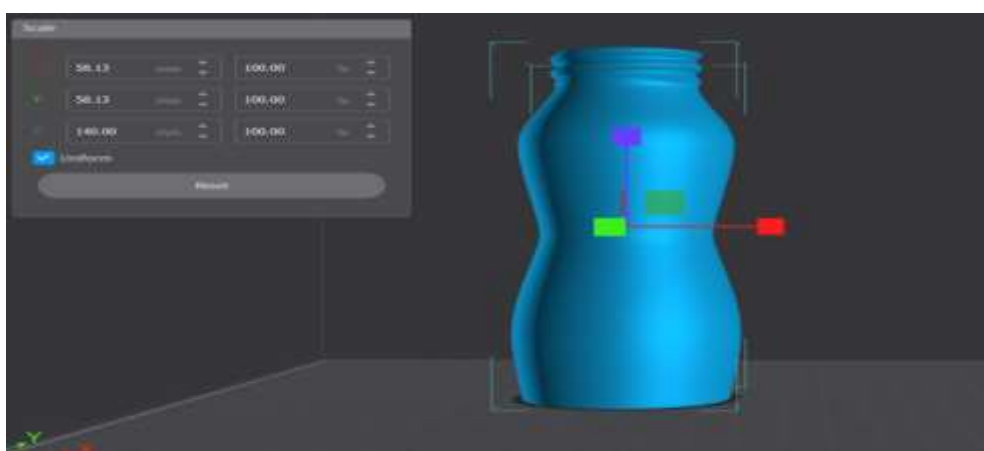


Figura 40: Dimensiones impreso cuerpo del envase.

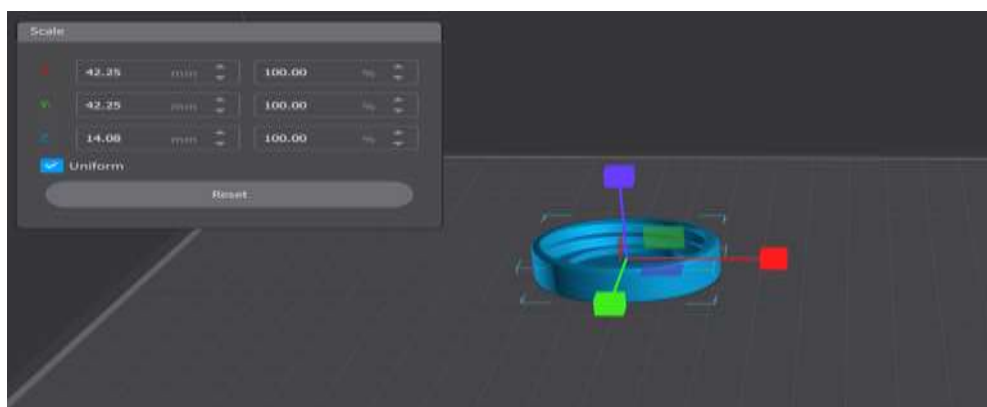


Figura 41: Dimensiones de la tapa el envase impreso.

Los envases fueron fabricados utilizando la tecnología de impresión 3d, laminado “Creality_print”, de la marca Creality, versión 4.3.8.6984, eh impreso 3d, utilizando un equipo, de marca Creality, Modelo K1.

Tabla 8: El tiempo ni el consumo del material durante el proceso de impresión de los envases de ácido poliláctico.

Partes del envase	Tiempo necesario para su fabricación	Consumo de filamento 3d	Paredes
Cuerpo del envase	18min 53s	7.08g	1 linea
Tapa del envase	40min 18s	12.72g	3 lineas

Los diferentes parámetros de impresión 3d para cada material del filamento del ácido poliláctico (PLA), filamento de PLA con Iones de Cobre y filamento de PLA con Iones de Plata, no variaron el tiempo el tiempo ni el consumo del material utilizado.

4.5.Caracterización del yogurt natural.

Tabla 9: Resultados de Análisis físico-Químicos y Evaluación Microbiológica del yogurt natural.

Análisis físico-Químicos	Densidad (g/mL)	1.046
	pH	4.0
	Acidez Promedio (°Dornic)	0.70
Evaluación Microbiológica	N. de Coliformes (NMP/g)	0
	N. de Mohos (UFC/g)	0
	N. de Levaduras (UFC/g)	0

El yogurt natural fue producido con leche y cultivos del yogurt en la planta piloto de la Universidad Nacional Del santa, se almacenó a 5 C, y se monitorearon los cambios, en parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales seleccionados durante el almacenamiento. No se detectaron coliformes ni formas vegetativas de levaduras y mohos en el yogurt natural recién envasado.

4.6.Evaluación de la vida útil del yogurt natural en envases biodegradables a base de ácido poliláctico (PLA)

4.6.1. Evaluación Fisicoquímica

Se determino que los puntos críticos el pH y Acidez promedio (°Dornic), el yogurt natural se almaceno a 5°C por 15 días, tomando muestra cada tercer día (Dia 3, Dia 6, Dia 9, Dia 12 y Dia15)

4.6.1.1.Determinación del tiempo de vida útil del para yogurt natural, en función del atributo: pH.

Tabla 10: Resultados de la a. Determinación de pH de los envases de ácido poliláctico.

Tiempo	pH								
	PLA		PLA con Iones de Cobre			PLA con Iones de Plata			
Dia 03	4.52	4.52	4.51	4.55	4.53	4.53	4.53	4.52	4.50
Dia 06	4.52	4.51	4.51	4.52	4.51	4.52	4.49	4.49	4.47
Dia 09	4.51	4.49	4.50	4.47	4.46	4.48	4.48	4.47	4.45
Dia 12	4.44	4.45	4.47	4.43	4.43	4.45	4.44	4.40	4.40
Dia 15	4.40	4.39	4.41	4.40	4.37	4.42	4.34	4.35	4.34

exhibieron cambios relativamente pequeños durante el almacenamiento, a 5 C, mientras que los psicrotrofos totales, levaduras psicrotróficas y recuentos de levaduras y mohos aumentaron independientemente de la temperatura de almacenamiento. El pH disminuyó. El yogurt es un producto lácteo ampliamente conocido y de alto consumo en todo el mundo, principalmente por su impacto beneficioso en la salud de los consumidores. En circunstancias de malas prácticas de fabricación y condiciones de almacenamiento, el producto se estropea en un tiempo relativamente corto. El deterioro del yogurt es el resultado de cambios en sus características físicas, químicas y organolépticas/sensoriales, lo que lo hace inaceptable para el consumo

humano. El deterioro de productos lácteos como el yogur y La vida útil indicada en el producto suele depender en gran medida de la experiencia comercial y el uso de modelos predictivos para establecer la vida útil del yogur es escaso.

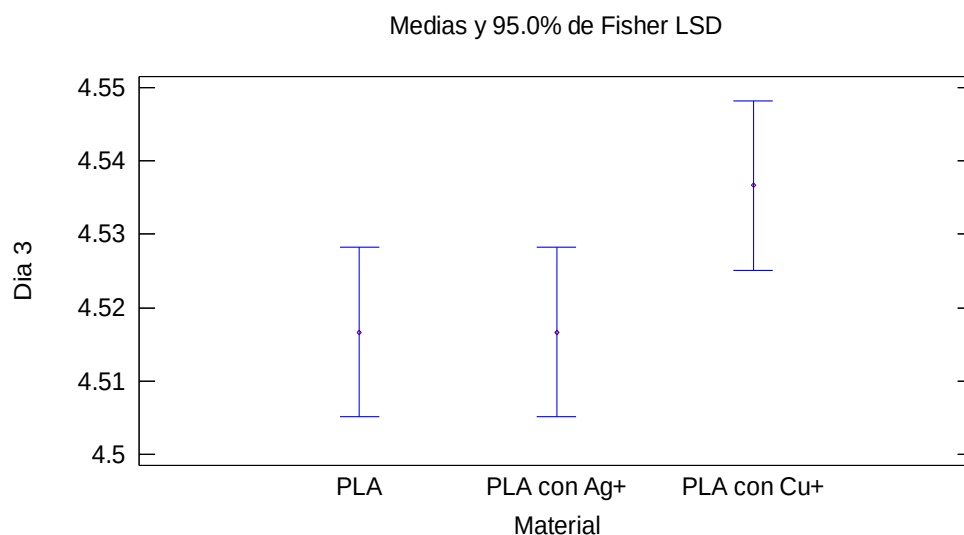


Figura 42: Gráficos de medias pH Día 3, yogur natural, en distintos envases de PLA.

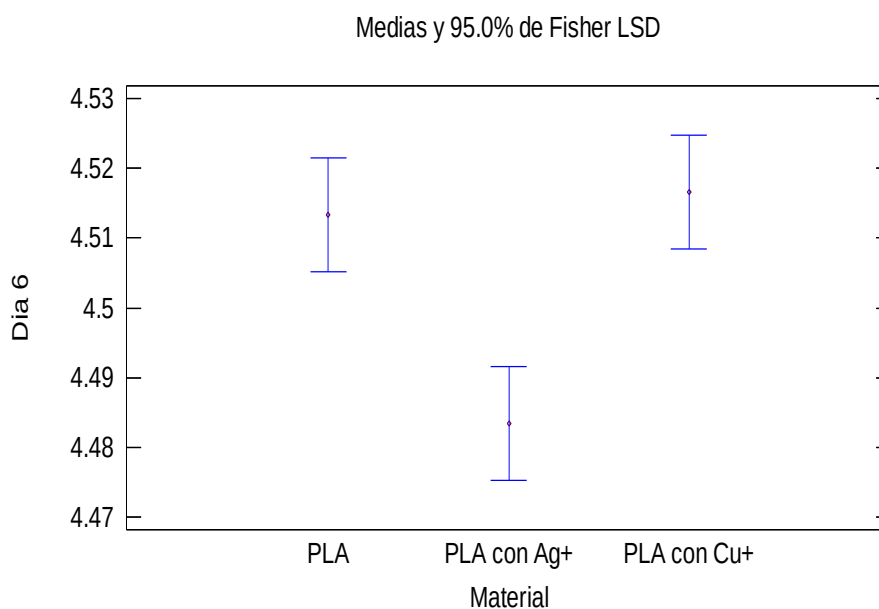


Figura 43: Gráficos de medias pH Día 6, yogur natural, en distintos envases de PLA.

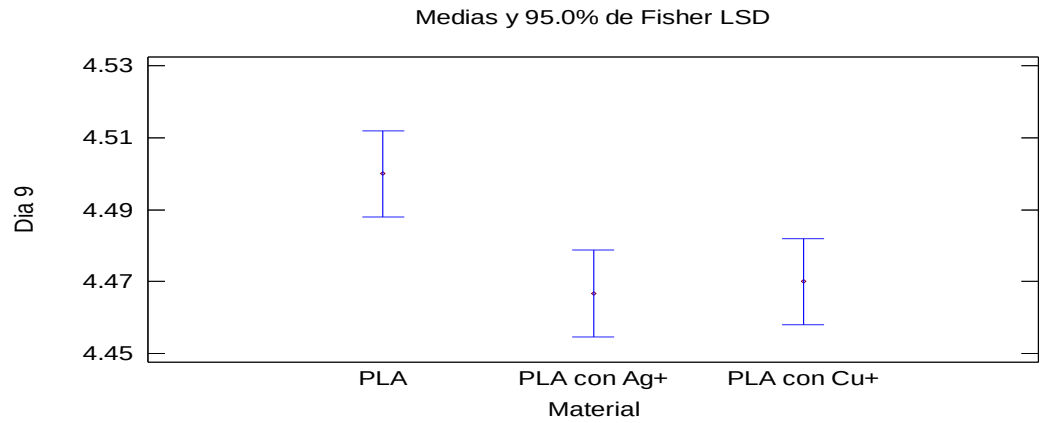


Figura 44: Gráficos de medias pH Dia 9, yogur natural, en distintos envases de PLA.

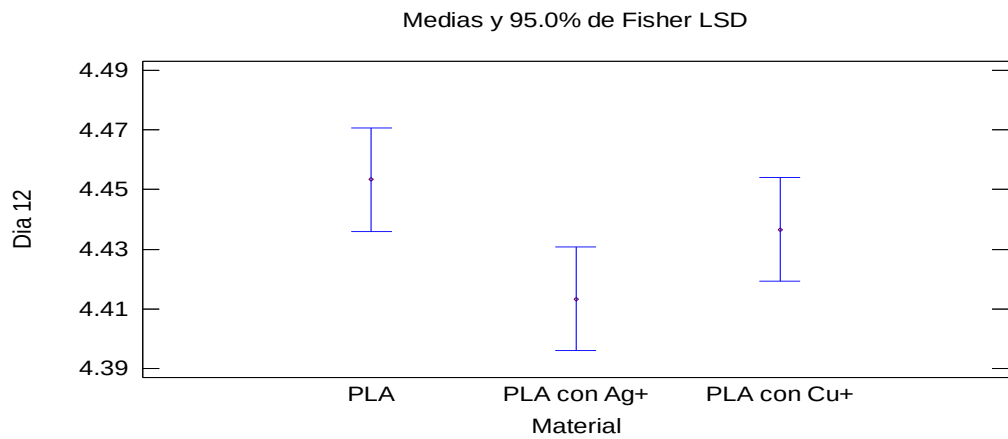


Figura 45: Gráficos de medias pH Dia 12, yogur natural, en distintos envases de PLA.

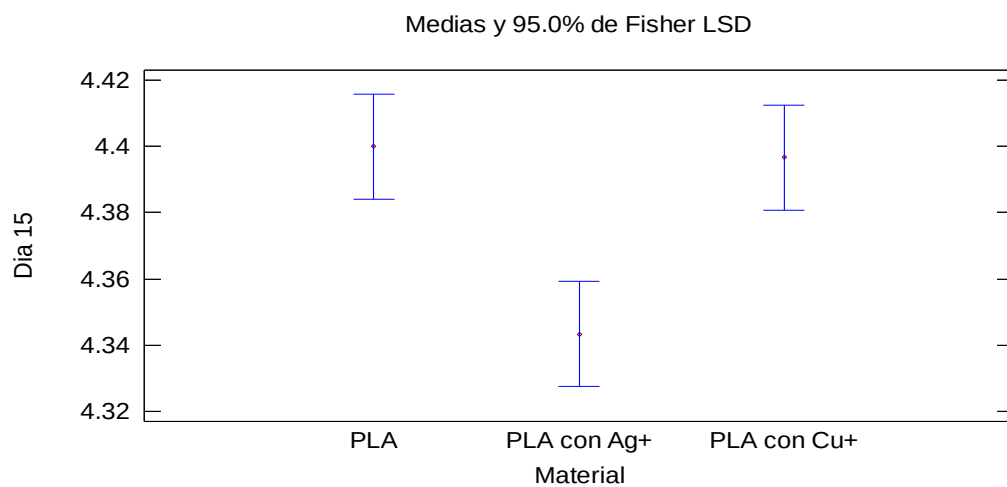


Figura 46: Gráficos de medias pH Dia 15, Yogur natural, en distintos envases de PLA.

- a. **Determinación del tiempo de vida útil del para yogur natural, en función del atributo: pH en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural**

Tabla 11: Datos experimentales de Y en f(x), para el pH en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.

Tiempo	Puntaje	$\hat{Y}$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
1	4.5	4.524100	-0.0241	0.0005808
3	4.52	4.510700	0.0060	0.0000356
6	4.51	4.490600	0.0227	0.0005168
9	4.50	4.470500	0.0295	0.0008702
12	4.45	4.450400	0.0029	0.0000086
15	4.40	4.430300	-0.0303	0.0009181
			Sse	0.0029302

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias. Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n - 2)}} SSe$$

$$MSe = 0.0270$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 4.4

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

VIDA UTIL 19 días

Tabla 12: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$ para el pH en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.

Tiempo	Puntaje	Y calculado	LCI	LCS
1	4.5	4.524100	4.2716	4.7397
3	4.52	4.510700	4.2448	4.7262
6	4.51	4.490600	4.2046	4.7061
9	4.50	4.470500	4.1644	4.6861
12	4.45	4.450400	4.1242	4.6663
15	4.40	4.430300	4.0840	°4.6466

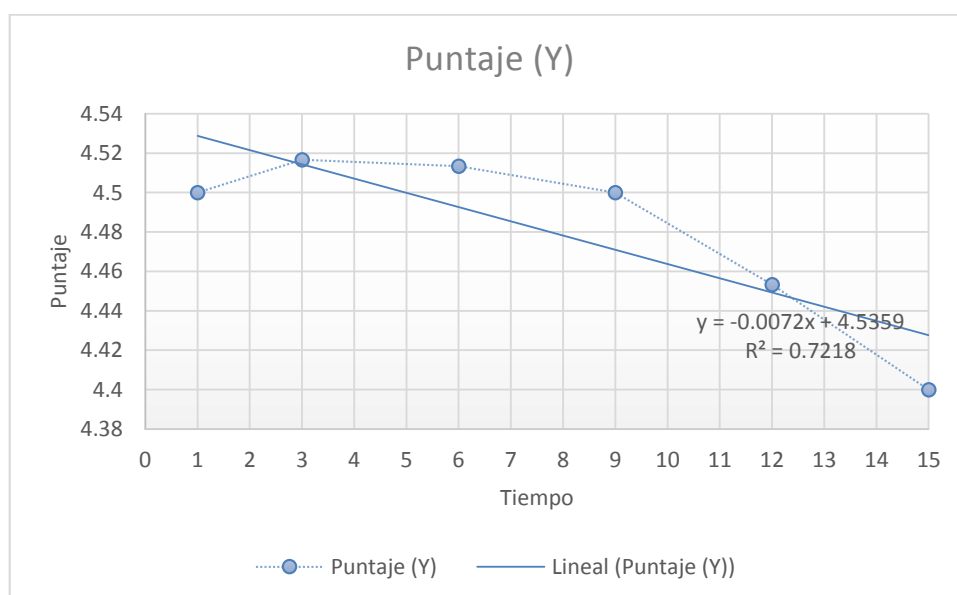


Figura 47: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural para el pH en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.

- b. **Determinación del tiempo de vida útil del para yogur natural, en función del pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de cobre (PLA ion Cu+) para yogur natural.**

Tabla 13: Datos experimentales de Y en f(x), para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de Cobre (PLA ion Cu+) para yogur natural.

Tiempo	Puntaje	$\hat{Y}$	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
1	4.5	4.529600	-0.0296	0.0008762
3	4.52	4.513200	0.0035	0.0000120
6	4.51	4.488600	0.0247	0.0006117
9	4.50	4.464000	0.0360	0.0012960
12	4.45	4.439400	0.0139	0.0001941
15	4.40	4.414800	-0.0148	0.0002190
			Sse	0.0032091

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias. Se determinó el cuadrado medio del error (MSe) Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

$$MSe = 0.0292$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 4.4

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

VIDA UTIL 16 días

Tabla 14: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$, para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de Cobre (PLA ion Cu^+) para yogur natural.

Tiempo	Puntaje	Y calculado	LCI	LCS
1	4.5	4.529600	4.2642	4.7499
3	4.52	4.513200	4.2314	4.7334
6	4.51	4.488600	4.1822	4.7088
9	4.50	4.464000	4.1330	4.6843
12	4.45	4.439400	4.0838	4.6601
15	4.40	4.414800	4.0346	4.6359

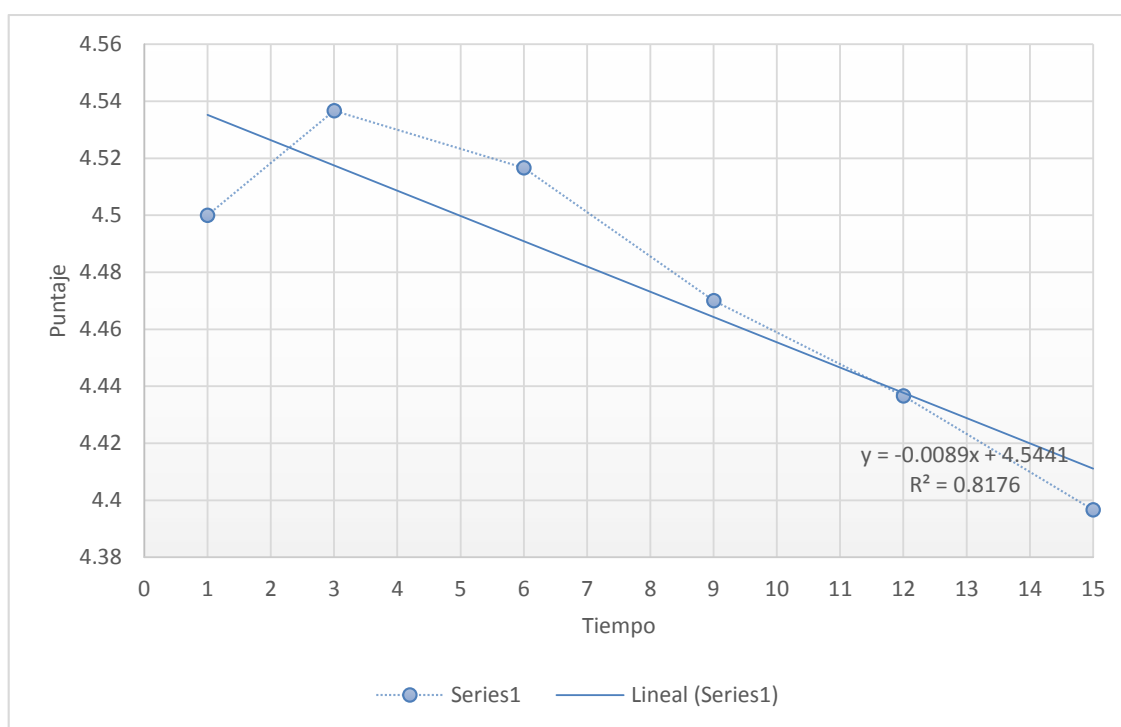


Figura 48: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de cobre (PLA ion Cu^+) para yogur natural.

- c. **Determinación del tiempo de vida útil del para yogur natural, en función del pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag+) para yogur natural.**

Tabla 15: Datos experimentales de Y en f(x), para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag+) para yogur natural.

Tiempo	Puntaje	$\hat{Y}$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
1	4.5	4.522600	-0.0226	0.0005108
3	4.52	4.501400	0.0153	0.0002331
6	4.51	4.469600	0.0437	0.0019126
9	4.50	4.437800	0.0622	0.0038688
12	4.45	4.406000	0.0473	0.0022404
15	4.40	4.374200	0.0258	0.0006656
Sse				0.0094314

Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n - 2)}} SSe$$

$$MSe = 0.0488$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 4.4

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

VIDA UTIL 12 días

Tabla 16: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$, para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag^+) para yogur natural.

Tiempo	Puntaje	Y		
		calculado	LCI	LCS
1	4.5	4.522600	4.0711	4.9158
3	4.52	4.501400	4.0287	4.8944
6	4.51	4.469600	3.9651	4.8627
9	4.50	4.437800	3.9015	4.8310
12	4.45	4.406000	3.8379	4.7997
15	4.40	4.374200	3.7743	4.7685

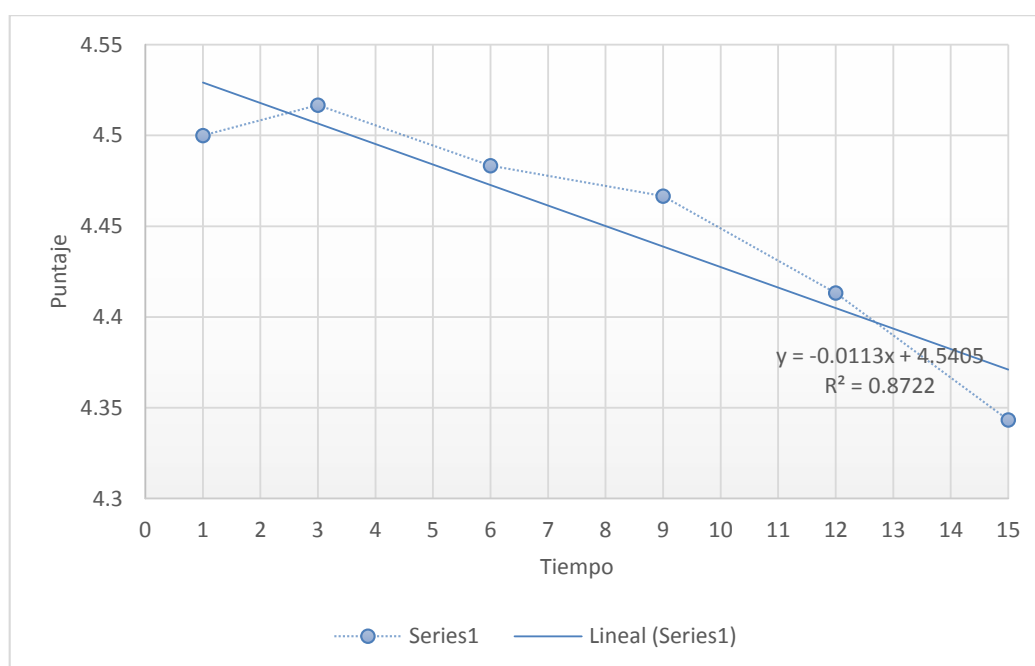


Figura 49: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural, en distintos envases de PLA para el pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag^+) para yogur natural.

4.6.1.2.Determinación del tiempo de vida útil del para yogur natural, en función del atributo: a la acidez titulable en envase a base de ácido poliláctico

Tabla 17: Resultados de Determinación de Acidez Titulable de los envases de ácido poliláctico.

Tiempo	Acidez Titulable								
	PLA	PLA con Iones de Cobre			PLA con Iones de Plata				
Día 03	0.70	0.710	0.715	0.715	0.720	0.718	0.720	0.718	0.715
Día 06	0.715	0.714	0.718	0.720	0.726	0.724	0.723	0.722	0.720
Día 09	0.718	0.720	0.721	0.724	0.730	0.728	0.728	0.727	0.724
Día 12	0.724	0.726	0.728	0.730	0.733	0.731	0.730	0.730	0.728
Día 15	0.728	0.730	0.731	0.733	0.734	0.732	0.732	0.733	0.730

mostraron que la tasa de acidez titulable aumentó gradualmente con la temperatura, lo que indica mayores tasas de producción de ácido que, a su vez, aumentan la tasa de desprendimiento del suero (sinéresis) desarrollo del modelo. Los resultados mostraron que la vida útil de este producto no se puede establecer basándose solamente en datos microbiológicos y que se requiere el uso de otros parámetros como análisis sensoriales o fisicoquímicos. La determinación de la vida útil mediante pruebas de deterioro requiere mucho tiempo y se ha planteado la necesidad de nuevas técnicas rápidas. El modelo desarrollado podría ayudar a las industrias lácteas a establecer predicciones de vida útil de yogur con frutas almacenado en condiciones de temperatura constante. (Pang, Zhuang, Tang, & Chen, 2010)

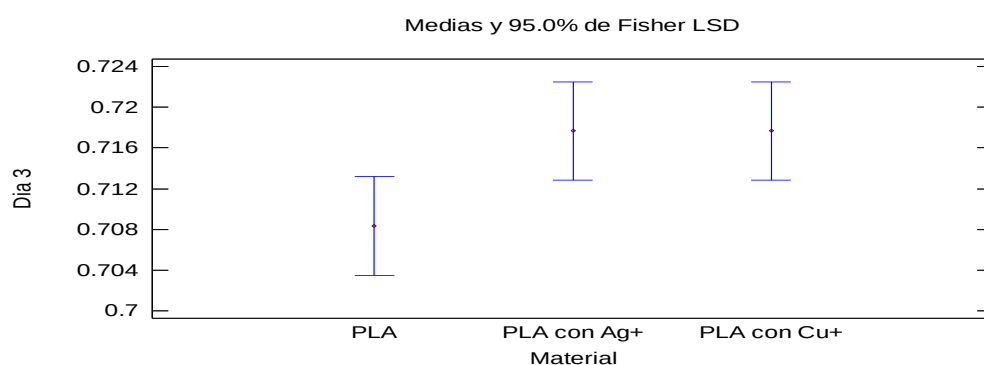


Figura 50: Gráficos de acidez titulable día 3, yogur natural, en distintos envases de PLA.

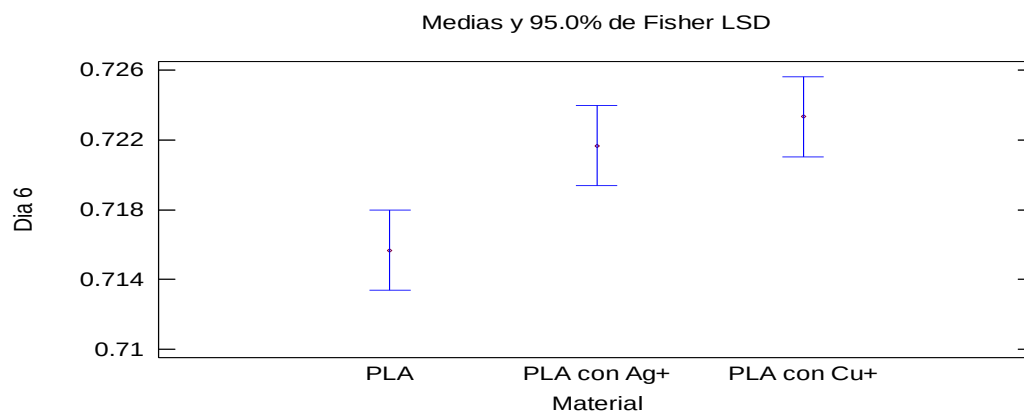


Figura 51: Gráficos de acides titulable día 6, yogur natural, en distintos envases de PLA.

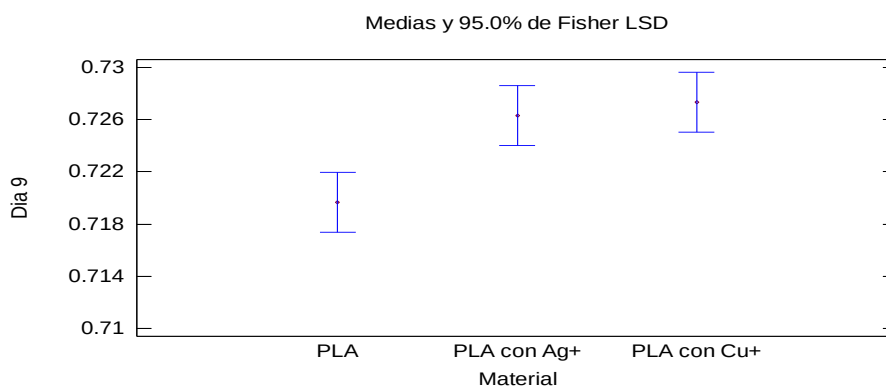


Figura 52: Gráficos de Acides titulable Dia 9, Yogur natural, en distintos envases de PLA

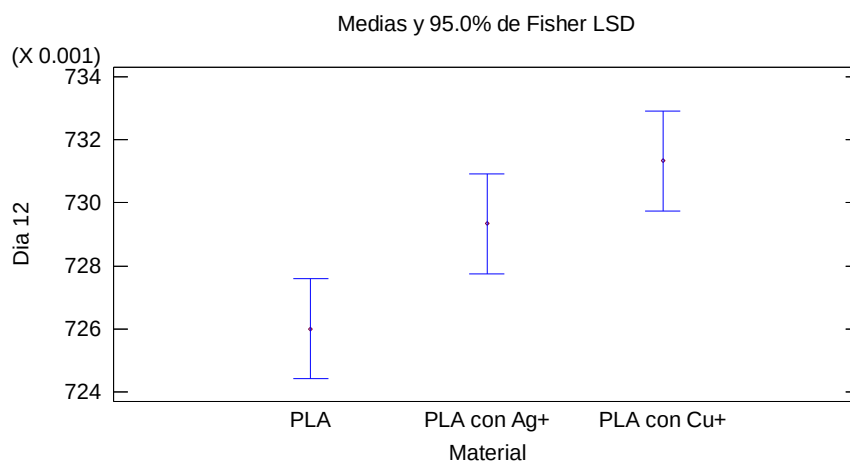


Figura 53: Gráficos de acides titulable día 12, yogur natural, en distintos envases de PLA.

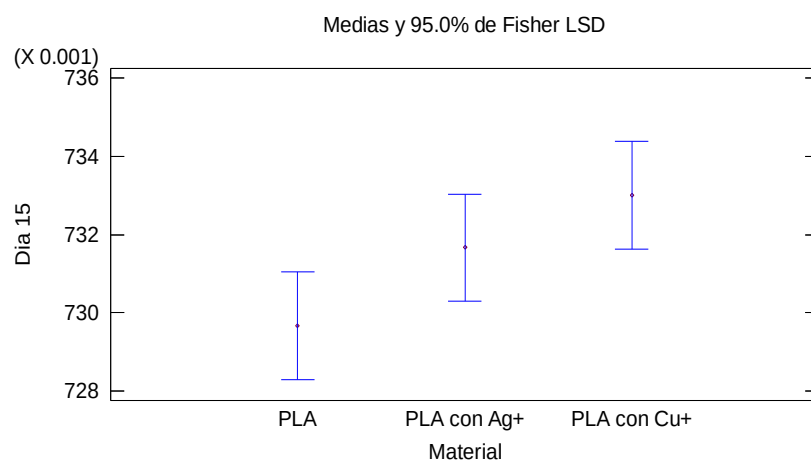


Figura 54: Gráficos de acides titulable día 15, yogur natural, en distintos envases de PLA.

- a. **Determinación del tiempo de vida útil del para yogur natural, en función del atributo: a la acides titulable en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.**

Tabla 18: Datos experimentales de Y en f(x) , para la Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.

Tiempo	Puntaje	$\hat{Y}$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
1	0.700	0.703000	-0.0030	0.0000090
3	0.708	0.707000	0.0013	0.0000018
6	0.716	0.713000	0.0027	0.0000071
9	0.720	0.719000	0.0007	0.0000004
12	0.726	0.725000	0.0010	0.0000010
15	0.730	0.731000	-0.0013	0.0000018
			Sse	0.0000211

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias. Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n - 2)} SSe}$$

$$MSe = 0.0023$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 0.73

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

**VIDA
UTIL 15 días**

Tabla 19: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$.

Tiempo	Puntaje	Y		
		calculado	LCI	LCS
1	0.700	0.703000	0.6841	0.7253
3	0.708	0.707000	0.6921	0.7293
6	0.716	0.713000	0.7041	0.7353
9	0.720	0.719000	0.7161	0.7413
12	0.726	0.725000	0.7281	0.7473
15	0.730	0.731000	0.7401	0.7533

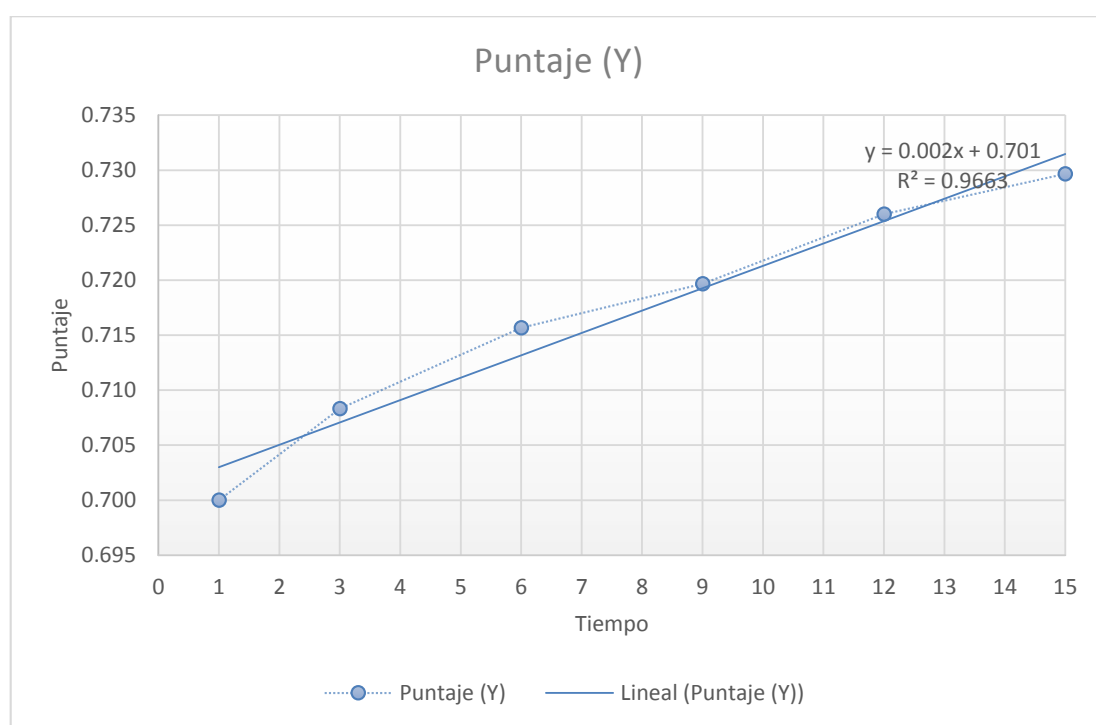


Figura 55: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural ella Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.

- b. **Determinación del tiempo de vida útil del para yogur natural, en función del atributo: la acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de cobre (PLA ion Cu+) para yogur natural.**

Tabla 20: Datos experimentales de Y en f(x) , para a la Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de Cobre (PLA ion Cu+) para yogur natural.

Tiempo	Puntaje	$\hat{Y}$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
1	0.700	0.708400	-0.0084	0.0000706
3	0.718	0.712400	0.0053	0.0000277
6	0.723	0.718400	0.0049	0.0000243
9	0.727	0.724400	0.0029	0.0000086
12	0.731	0.730400	0.0009	0.0000009
15	0.733	0.736400	-0.0034	0.0000116
			Sse	0.0001437

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias. Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n - 2)}} SSe$$

$$MSe = 0.0060$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 0.73

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

VIDA UTIL 12 días

Tabla 21: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$. para a la Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de Cobre (PLA ion Cu^+) para yogur natural.

Tiempo	Puntaje	Y calculado	LCI	LCS
1	0.70	0.708400	0.6560	0.7642
3	0.72	0.712400	0.6640	0.7683
6	0.72	0.718400	0.6760	0.7743
9	0.73	0.724400	0.6880	0.7803
12	0.73	0.730400	0.7000	0.7863
15	0.73	0.736400	0.7120	0.7923

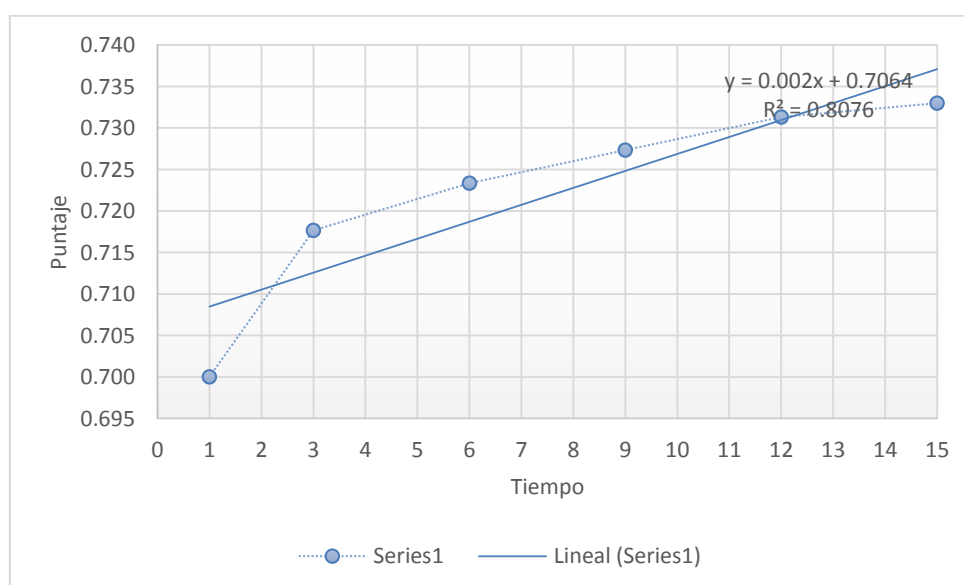


Figura 56: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural ella Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de Cobre (PLA ion Cu^+) para yogur natural.

- c. **Determinación del tiempo de vida útil del para yogur natural, en función del atributo: a la acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag+) para yogur natural.**

Tabla 22: Datos experimentales de Y en f(x) , para la acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag+) para Yogur natural.

Tiempo	Puntaje	$\hat{Y}$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
1	0.700	0.708300	-0.0083	0.0000689
3	0.718	0.712100	0.0056	0.0000310
6	0.722	0.717800	0.0039	0.0000150
9	0.726	0.723500	0.0028	0.0000080
12	0.729	0.729200	0.0001	0.0000000
15	0.732	0.734900	-0.0032	0.0000105
			Sse	0.0001333

Fuente: Resultados de Cálculo de sumatorias. Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe = S \sqrt{\frac{1}{(n - 2)} SSe}$$

$$MSe = 0.0058$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 0.73

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

VIDA UTIL 12 días

Tabla 23: Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$. para la acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag+) para Yogur natural

Tiempo	Puntaje	Y calculado	LCI	LCS
1	0.700	0.708300	0.6578	0.7621
3	0.718	0.712100	0.6654	0.7659
6	0.722	0.717800	0.6768	0.7716
9	0.726	0.723500	0.6882	0.7773
12	0.729	0.729200	0.6996	0.7830
15	0.732	0.734900	0.7110	0.7887

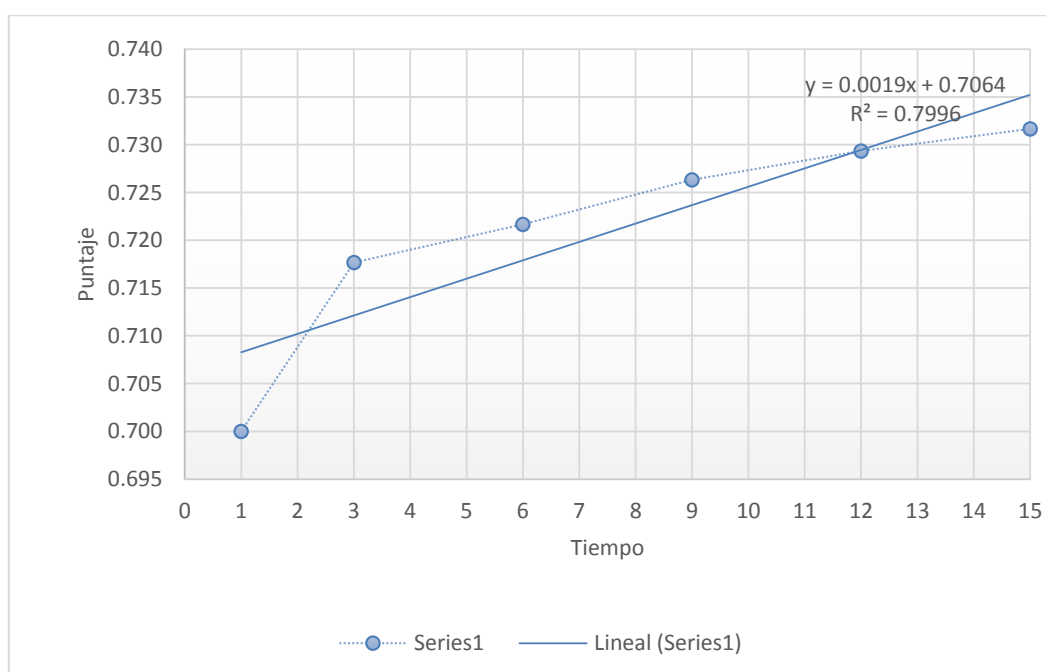


Figura 57: Determinación gráfica del tiempo de vida útil para yogur natural ella Acides titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag+) para yogur natural.

a. Evaluación Microbiológica

Tabla 24: Resultados obtenidos en Evaluación Microbiológica

Evaluación Microbiológica N. de Coliformes (NMP/g)									
Tiempo	PLA			PLA con Iones de Cobre			PLA con Iones de Plata		
Día 03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 09	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 15	0	0.	0	0	0	0	0	0	0
Evaluación Microbiológica N. de Mohos (UFC/g)									
Tiempo	PLA			PLA con Iones de Cobre			PLA con Iones de Plata		
Día 03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 09	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Día 15	0	0.	0	0	0	0	0	0	0

Se considera que al ser la temperatura de almacenamiento 5°C y ser pocos días para ser detectable un deterioro en la vida útil, no se encontró un indicador de que el yogur natural, hubiese sido afectados por Mohos, o contaminados con N. de Coliformes.

En parámetros microbiológicos, durante el almacenamiento. Hubiera sido mejor considerar Los recuentos de bacterias de ácido láctico ya que pueden presentar cambios relativamente pequeños durante el almacenamiento, a 5 C considerando que El pH disminuyó y la acides titulable de los parámetros fisicoquímicos, durante el almacenamiento, se correlacionarían mejor con los recuentos de bacterias de ácido láctico. Para que los datos de vida útil de las muestras se puedan describir adecuadamente. (Al-Kadamany, Khattar, Haddad, & Toufeili, 2016)

V. CONCLUSIONES

- Los envases biodegradables a base de PLA, PLA con ion de cobre y PLA con ion de plata ayudan a prolongar la vida útil de yogur natural. En ninguno de vio contaminación o deterioro durante los 15 días, de las pruebas
- Características físicas, mecánicas y térmicas del PLA, PLA con Ion de cobre y PLA con Ion de Plata. Fueron adecuadas para ser utilizados como envases para el yogur natural, siendo el PLA con Ion de Plata, que presento mejores características, térmicas y físicas.
- PLA, PLA con Ion de cobre y PLA con Ion de Plata, fue un material optimo, al momento de fabricar los envases por Impresión 3d FDM, por sus características mecánicas y físicas.
- durante la valuación de la vida útil del yogurt natural en envases Biodegradables, El envase de PLA, presento menos cambios en el pH y la acides titulable del Yogur natural, en comparación PLA con Ion de cobre y PLA con Ion de Plata.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda después de 1 y 6 meses de la fabricación del envase de PLA no sea usado como material de empaque, ya que se pierden propiedades.
- Se recomienda evaluar la cristalización del PLA, ya que afecta su dureza al paso del tiempo.
- Se recomienda utilizar más mezclas con PLA ya que es un material muy útil para hacer bicomponentes.
- Realizar la Evaluación Microbiológica de lactobacilos como son afectados por las propiedades del envase.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abdolsattari, P., Rezazadeh-Bari, M., & Pirs, S. (2022). Smart Film Based on Polylactic Acid, Modified with Polyaniline/ZnO/CuO: Investigation of Physicochemical Properties and Its Use of Intelligent Packaging of Orange Juice. *Food and Bioprocess Technology* volume 15, 2803–2825.
- Al-Kadamany, E., Khattar, M., Haddad, T., & Toufeili, I. (2016). Estimation of shelf-life of concentrated yogurt by monitoring selected. *LWT - Food Science and Technology*, 407–414.
- Auras, B. R., Singh, S. P., & Singh, J. J. (2005). Evaluation of oriented polylactide polymers vs. existing PET and oriented PS for fresh food service containers. *Packaging Technology and Science*, 207-206.
- Benhacine, F., Hadj-Hamou, A. S., Habi, A., & Grohens, Y. (2015). Development of Antimicrobial Poly(ϵ -caprolactone)/Poly(lactic acid)/Silver Exchanged Montmorillonite Nanoblend Films with Silver Ion Release Property for Active Packaging Use. *International Polymer Processing*, 511-521.
- Bhatia, A., Gupta, R., Bhattacharya, S., & Choi, H. (2007). Compatibility of biodegradable poly (lactic acid) (PLA) and poly (butylene succinate) (PBS) blends for packaging application. *Korea-Australia Rheology Journal*, 125-131.
- Bouzidi, F., Guessoum, M., Fois, M., & Haddaoui, N. (2017). Viscoelastic, thermo-mechanical and environmental properties of composites based on polypropylene/poly(lactic acid) blend and copper modified nanoclay. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 496-515.
- Groh, K. J., Backhaus, T., Carney-Almroth, B., Geueke, B., Inostroza, P. A., Lennquist, A., . . . Muncke, J. (2019). Overview of known plastic packaging-associated chemicals and. *Science of the Total Environment. Volume 651*, 3253-3268.
- Ilyas, R., Sapuan, S., Harussani, M., Hakimi, M., Haziq, M., Atikah, M., . . . Asrof, M. (2021). Polylactic Acid (PLA) Biocomposite: Processing, Additive Manufacturing and Advanced Applications. *Polymers*, 1-34.
- Jin, T., & Zhang, H. (2008). Biodegradable Polylactic Acid Polymer with Nisin for Use in Antimicrobial Food Packaging. *Journal of food science*, 127-134.
- Kim, J. S., Kuk, E., Yu, K. N., Kim, J.-H., Park, S. J., Lee, H. J., . . . Cho, M.-H. (2007). Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 95-101.

- Longano, D., Ditaranto, N., Cioffi, N., Niso, F. D., Sibillano, T., Ancona, A., . . . Torsi, L. (2012). Analytical characterization of laser-generated copper nanoparticles for antibacterial composite food packaging. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 1179–1186.
- Mckinley, M. C. (2005). The nutrition and health benefits of yoghurt. *Society of Dairy Technology*, 1-12.
- Mikloskova, H., Witte, F., Joeres, E., & Terjung, N. (2021). Storage stability of plain stirred whole milk yoghurt (3.7% fat) packed in polylactic acid and polystyrene. *International Dairy Journal*, 1-6. Obtenido de Agrotendencia: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-papa/>
- Mikołajczyk, F., & Kuberski, S. (2019). The Optical and Thermal Properties of PLA Filament in a Context of. *IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering*, 14-22.
- Muller, J., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2017). Combination of Poly(lactic) Acid and Starch for Biodegradable Food Packaging. *Materials*, 1-22.
- Ncube, L. K., A. U., Ogunmuyiwa, E. N., Zulkifli, R., & Beas, I. N. (2020). Environmental Impact of Food Packaging Materials: A Review of Contemporary Development from Conventional Plastics to Polylactic Acid Based Materials. *Materials 2020*, 1-24.
- Pang, X., Zhuang, X., Tang, Z., & Chen, X. (2010). Polylactic acid (PLA): Research, development and industrialization. *Biotechnology Journal*, 1125-1136.
- Pankaj, S., Bueno-Ferrer, C., Misra, N., O'Neill, L., Jiménez, A., Bourke, P., & Cullen, P. (2014). Characterization of polylactic acid films for food packaging as affected by dielectric barrier discharge atmospheric plasma. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 107-113.
- Petchwattana, ., & Naknaen, P. (2016). Influence of packaging material and storage time on physical, chemical and microbiological properties of set yogurt: A comparative study between modified biodegradable poly(lactic acid) and polypropylene . *Journal of Engineering Science and Technology* 11, 1437-1449.
- Rashedi, S. M., Khajavi, R., Rashidi, A., Rahimi, M. k., & Bahador, A. (2021). Nanocomposite-Coated Sterile Cotton Gas Based on Polylactic Acid and Nanoparticles (Zinc Oxide and Copper Oxide) and Tranexamic Acid Drug with the Aim of Wound Dressing. *Regenerative Engineering and Translational Medicine volume 7*, 200–217.

- Shady, F., Daniel, G. A., & Robert, L. (2016). Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications — A comprehensive review. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 107, 367-392.
- Shameli, K., Ahmad, M. B., Yunus, W. M., Ibrahim, N. A., Rahman, R. A., Jokar, M., & Darroudi, M. (2022). Silver/poly (lactic acid) nanocomposites: preparation, characterization, and antibacterial activity. *International Journal of Nanomedicine*, 573-579 .
- Tamime, A. (2022). Fermented milks: a historical food with modern applications—a review. *European Journal of Clinical Nutrition* volume 56, 2-15.
- Travieso, J. A., Jerez, R., Llumà, J., Traver, O., Gomez, G., & Roa, J. J. (2019). Mechanical Properties of 3D-Printing Polylactic Acid. *Materials*, 12-20.
- Villadiego, K. M., Tapia, M. J., Useche, J., & Macías, D. E. (2021). Thermoplastic Starch (TPS)/Polylactic Acid (PLA) Blending Methodologies: A Review. *Journal of Polymers and the Environment* volume, 75-91.
- Vu, M. C., Jeong, T.-H., Kim, J.-B., Choi, W. K., Kim, D. H., & Kim, S.-R. (2020). 3D printing of copper particles and poly(methyl methacrylate) beads containing poly(lactic acid) composites for enhancing thermomechanical properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 1-10.
- Willige, R. W., Linssen, J. P., & Voragen, A. G. (2000). Influence of food matrix on absorption of flavour compounds by linear low-density polyethylene: oil and real food products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1790-1797.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Materia Prima de Envases Biodegradables, Pellets de ácido poliláctico (PLA)



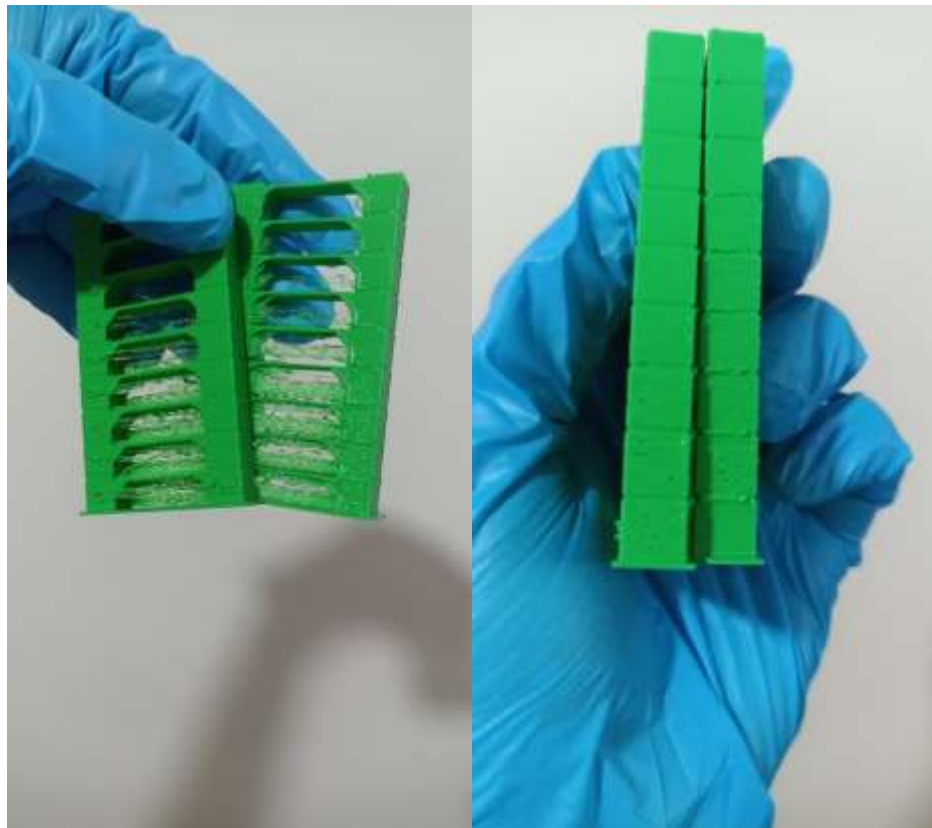
Anexo 2: Equipo Impresora 3d Core XY, modelo K1, marca Creality, tecnología FDM.

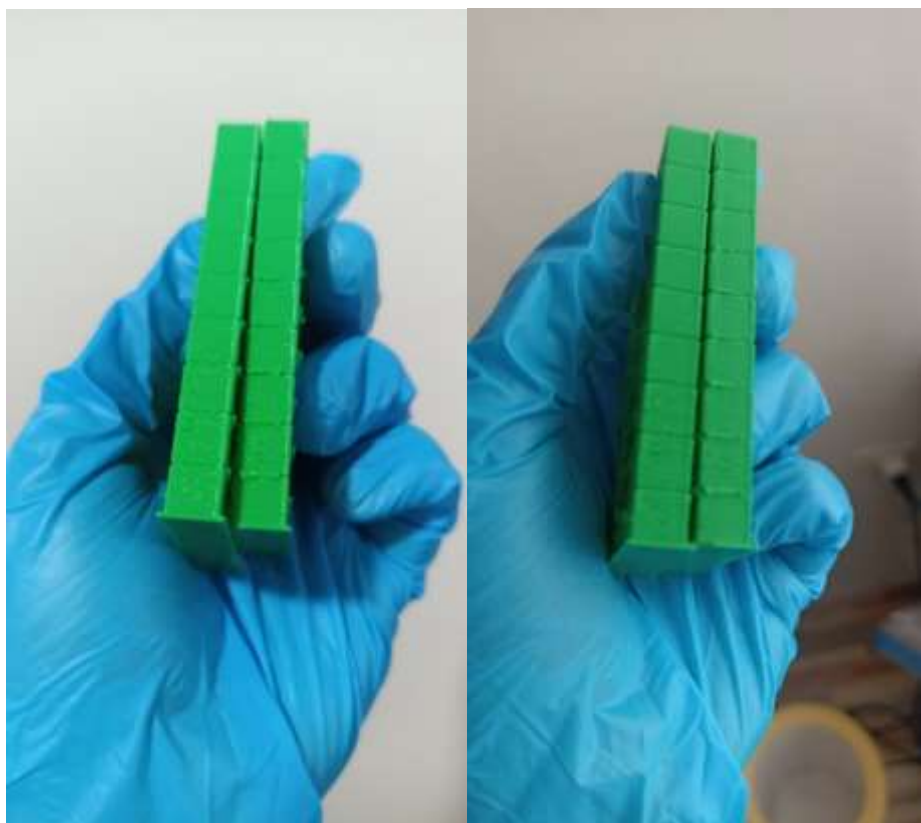


Anexo 3: Prototipado de envases, tipo botella a base de Ácido Poliláctico



Anexo 4: pruebas iniciales de impresión 3d, con el ácido poliláctico.





Anexo 5: Homogeneización y secado de los Pellets de Ácido poliláctico.





Anexo 6: elaboración de filamento para impresión 3d a base de Acido poliláctico







Anexo 7: sistema de embobinado de filamento 3d.



Anexo 8: ácido Poliláctico en Filamento 3d y envases finales obtenido por impresión 3d.



Anexo 9: Elaboración de yogur natural, Planta piloto Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa.





Anexo 10: Desinfección de envases biodegradables a base de PLA





Anexo 11: Envasado de envases biodegradables a base de PLA



Anexo 12: Almacenamiento de envases biodegradables a base de PLA.



Anexo 13: Resultados propiedades térmicas para 3 tipos diferentes de PLA

	Transición Vítrea		
PLA	61	61.2	60.8
PLA Cu+	59.1	59	58.9
PLA Au+	60.6	60.4	60.8
	Fusión		
PLA	160	159.8	160.2
PLA Cu+	161.3	161	160.7
PLA Au+	162.6	162.4	162.8
	Reblandecimiento Vicat		
PLA	62.9	62.8	63
PLA Cu+	62	61.7	62.3
PLA Au+	62.5	62.9	62.7
	Deflexión Del Calor		
PLA	58	58.1	58.2
PLA Cu+	56.2	56.3	56.3
PLA Au+	52.5	52	51.5
	Deflexión Térmica		
PLA	59.8	60	59.6
PLA Cu+	58.6	58.4	58.2
PLA Au+	57.7	57.9	57.8

Anexo 14: Tabla ANOVA para Transición Vítrea (°C) por Tipo de material

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	6.72	2	3.36	112.00	0.0000
Intra grupos	0.18	6	0.03		
Total (Corr.)	6.9	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de TTV (°C) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 112.0, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de TTV (°C) entre un nivel de Tipo de material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 15: Tabla ANOVA para Fusion (°C) por Tipo de material.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	10.32	2	5.16	91.06	0.0000
Intra grupos	0.34	6	0.0566667		
Total (Corr.)	10.66	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Fusion (°C) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 91.0588, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Fusion (°C) entre un nivel de Tipo de material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 16: Tabla ANOVA para Reblandecimiento Vicat (°C) por Tipo de material.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.34	2	0.67	14.36	0.0052
Intra grupos	0.28	6	0.0466667		
Total (Corr.)	1.62	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de RV (°C) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 14.3571, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de RV (°C) entre un nivel de Tipo de material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 17: Tabla ANOVA para Deflexión Del Calor (°C) por Tipo de material

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	58.7756	2	29.3878	334.80	0.0000
Intra grupos	0.526667	6	0.0877778		
Total (Corr.)	59.3022	8			

El StatAdvisor La tabla ANOVA descompone la varianza de DC (°C) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 334.797, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de DC (°C) entre un nivel de Tipo de material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 18: Tabla ANOVA para Deflexión Térmica (°C) por Tipo de material.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	6.32	2	3.16	105.33	0.0000
Intra grupos	0.18	6	0.03		
Total (Corr.)	6.5	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de DT (°C) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 105.333, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de DT (°C) entre un nivel de Tipo de material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 19: Resultados propiedades térmicas para 3 tipos diferentes de PLA.

	El Módulo De Young (X -Y)		
PLA	2306	2636	2966
PLA Cu+	1900	1951	2002
PLA Au+	1741	1882	2023
	Resistencia A La Tracción (Z)		
PLA	45.7	46.6	47.5
PLA Cu+	26.5	27	27.5
PLA Au+	18.9	20.9	22.9
	Resistencia A La Tracción (X -Y)		
PLA	40.4	43.5	46.6
PLA Cu+	19.7	20.7	21.7
PLA Au+	17.7	18	18.3
	Elongación De Rotura (X -Y)		
PLA	1.69	1.9	2.11
PLA Cu+	3.07	4.92	6.73
PLA Au+	26.4	34.5	42.6
	Módulo De Flexión (X-Y)		
PLA	3151	3283	3415
PLA Cu+	1824	2232	2640
PLA Au+	2154	2695	3236
	Resistencia a La Flexión (X-Y)		
PLA	82.2	85.1	88
PLA Cu+	47.7	49.5	51.3
PLA Au+	38.5	39.6	40.7
	Resistencia Al Impacto Charpy (X -Y)		
PLA	2.52	2.68	2.84
PLA Cu+	4.91	5.76	6.61
PLA Au+	5.3	5.7	6.1

Anexo 20: Tabla ANOVA para Modulo de El Módulo De Young (X -Y) por Tipo Material

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.0425E6	2	521251.	11.90	0.0082
Intra grupos	262764.	6	43794.0		
Total (Corr.)	1.30527E6	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Modulo de Young (MPa) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 11.9023, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Modulo de Young (MPa) entre un nivel de Tipo Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 21: Tabla ANOVA para Resistencia A La Tracción (X -Y) por Tipo Material

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1125.15	2	562.574	705.18	0.0000
Intra grupos	4.78667	6	0.797778		
Total (Corr.)	1129.94	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de RT (X-Y) (MPa) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 705.177, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de RT (X-Y) (MPa) entre un nivel de Tipo Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 22: Tabla ANOVA para Resistencia A La Tracción (Z) por Tipo Material.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1177.38	2	588.69	165.05	0.0000
Intra grupos	21.4	6	3.56667		
Total (Corr.)	1198.78	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de RT (Z) (MPa) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 165.053, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de RT (Z) (MPa) entre un nivel de Tipo Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 23: Tabla ANOVA para Elongación De Rotura (X -Y) por Tipo Material

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1947.57	2	973.783	42.34	0.0003
Intra grupos	138.006	6	23.001		
Total (Corr.)	2085.57	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de ER (X-Y) (%) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 42.3365, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de ER (X-Y) (%) entre un nivel de Tipo Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 24: Tabla ANOVA para Módulo De Flexión (X-Y) por Tipo Material

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.66471E6	2	832357.	5.24	0.0483
Intra grupos	953138.	6	158856.		
Total (Corr.)	2.61785E6	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de MF (X-Y) (MPa) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 5.23968, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de MF (X-Y) (MPa) entre un nivel de Tipo Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 25: Tabla ANOVA para Resistencia a La Flexión (X-Y) por Tipo Material.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3435.62	2	1717.81	400.73	0.0000
Intra grupos	25.72	6	4.28667		
Total (Corr.)	3461.34	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de RF (X-Y) (Mpa) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 400.733, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de RF (X-Y) (Mpa) entre un nivel de Tipo Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 26: Tabla ANOVA para Resistencia Al Impacto Charpy (X -Y) por Tipo Material

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	18.6104	2	9.3052	30.74	0.0007
Intra grupos	1.8162	6	0.3027		
Total (Corr.)	20.4266	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de RICH (X-Y) (kJ/m2) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 30.7407, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de RICH (X-Y) (kJ/m2) entre un nivel de Tipo Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 27: Resultados de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

	pH								
Tiempo	PLA			PLA con Iones de Cobre			PLA con Iones de Plata		
Dia 03	4.52	4.52	4.51	4.55	4.53	4.53	4.53	4.52	4.5
Dia 06	4.52	4.51	4.51	4.52	4.51	4.52	4.49	4.49	4.47
Dia 09	4.51	4.49	4.5	4.47	4.46	4.48	4.48	4.47	4.45
Dia 12	4.44	4.45	4.47	4.43	4.43	4.45	4.44	4.4	4.4
Dia 15	4.4	4.39	4.41	4.4	4.37	4.42	4.34	4.35	4.34

Anexo 28: Tabla ANOVA para Dia 3 para material de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0008	2	0.0004	3.00	0.1250
Intra grupos	0.0008	6	0.000133333		
Total (Corr.)	0.0016	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Dia 3 en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 3.0, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Dia 3 entre un nivel de Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Anexo 29: Tabla ANOVA para Dia 6 para de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00202222	2	0.00101111	15.17	0.0045
Intra grupos	0.0004	6	0.0000666667		
Total (Corr.)	0.00242222	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Dia 6 en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 15.1667, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Dia 6 entre un nivel de Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 30: Tabla ANOVA para Dia 9 para de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00202222	2	0.00101111	7.00	0.0270
Intra grupos	0.000866667	6	0.000144444		
Total (Corr.)	0.00288889	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Dia 9 en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 7.0, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Dia 9 entre un nivel de Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 31: Tabla ANOVA para Dia 12 para de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00242222	2	0.00121111	4.04	0.0775
Intra grupos	0.0018	6	0.0003		
Total (Corr.)	0.00422222	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Dia 12 en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 4.03704, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Dia 12 entre un nivel de Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Anexo 32: Tabla ANOVA para Día 15 para de pH del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00606667	2	0.00303333	11.87	0.0082
Intra grupos	0.00153333	6	0.000255556		
Total (Corr.)	0.0076	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Día 15 en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 11.8696, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Día 15 entre un nivel de Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 33: Resultados para ácidos titulables del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

	Acidez Titulable								
Tiempo	PLA			PLA con Iones de Cobre			PLA con Iones de Plata		
Día 03	0.7	0.71	0.715	0.715	0.72	0.718	0.72	0.718	0.715
Día 06	0.715	0.714	0.718	0.72	0.726	0.724	0.723	0.722	0.72
Día 09	0.718	0.72	0.721	0.724	0.73	0.728	0.728	0.727	0.724
Día 12	0.724	0.726	0.728	0.73	0.733	0.731	0.73	0.73	0.728
Día 15	0.728	0.73	0.731	0.733	0.734	0.732	0.732	0.733	0.73

Anexo 34: Tabla ANOVA para Dia 3 para acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.000174222	2	0.0000871111	3.68	0.0905
Intra grupos	0.000142	6	0.0000236667		
Total (Corr.)	0.000316222	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Dia 3 en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 3.68075, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Dia 3 entre un nivel de Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Anexo 35: Tabla ANOVA para Dia 6 para acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0000975556	2	0.0000487778	9.15	0.0151
Intra grupos	0.000032	6	0.00000533333		
Total (Corr.)	0.000129556	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Dia 6 en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 9.14583, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Dia 6 entre un nivel de Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 36: Tabla ANOVA para Dia 9 para acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.000104222	2	0.0000521111	9.77	0.0130
Intra grupos	0.000032	6	0.00000533333		
Total (Corr.)	0.000136222	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Dia 9 en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 9.77083, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Dia 9 entre un nivel de Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 37: Tabla ANOVA para Dia 12 para acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0000435556	2	0.0000217778	8.52	0.0177
Intra grupos	0.0000153333	6	0.00000255556		
Total (Corr.)	0.0000588889	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Dia 12 en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 8.52174, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Dia 12 entre un nivel de Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Anexo 38: Tabla ANOVA para Dia 15 para acides titulable del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0000168889	2	0.00000844444	4.47	0.0648
Intra grupos	0.0000113333	6	0.00000188889		
Total (Corr.)	0.0000282222	8			

El StatAdvisor: La tabla ANOVA descompone la varianza de Dia 15 en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 4.47059, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Dia 15 entre un nivel de Material y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Anexo 39: Tiempo de Vida Util para **Atributo pH** del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

a. Cálculo de sumatorias para la evaluación del pH en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.

Tiempo (X)	Puntaje (Y)	x^2	y^2	XY	X- XP	Y-YP	$(x-xp)^2$	$(Y-YP)^2$	$(X-XP)(Y-YP)$
0	4.5	0	20.25	4.5	-7	0.0194	44	0.0003781	-0.12962963
3	4.52	9	20.40	13.55	-5	0.0361	22	0.0013040	-0.16851852
6	4.51	36	20.37	27.08	-2	0.0328	3	0.0010744	-0.05462963
9	4.50	81	20.25	40.5	1	0.0194	2	0.0003781	0.02592593
12	4.45	144	19.83	53.44	4	-0.0272	19	0.0007410	-0.11796296
15	4.40	225	19.36	66	7	-0.0806	54	0.0064892	-0.59074074
45.00	26.88	495.00	120.46	205.07	0.00	0.00	143.33	0.01	-1.04
7.50	4.48	$\sum x^2$	$\sum y^2$	$\sum xy$			Sxx	Syy	Sxy

Se determinó los datos de regresión b0 y b1 (coeficiente y pendiente)

$$y = b_0 + b_1x$$

Intercepto	4.5359	(b0)
Pendiente	-0.0072	(b1)

Datos experimentales de Y en f(x)

Tiempo	Puntaje	$\hat{Y}$	$Y - Y^\wedge$	$(Y - Y^\wedge)^2$
1	4.5	4.528700	-0.0287	0.0008237
3	4.52	4.514300	0.0024	0.0000056
6	4.51	4.492700	0.0206	0.0004257
9	4.50	4.471100	0.0289	0.0008352
12	4.45	4.449500	0.0038	0.0000147
15	4.40	4.427900	-0.0279	0.0007784
			Sse	0.0028833

Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe^2 = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)}} SSe$$

$$MSe^2 = 0.0268$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 4.4

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

VIDA UTIL

19 días

Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$.

Tiempo	Puntaje	Y calculado	LCI	LCS
1	4.5	4.528700	4.2777	4.7401
3	4.52	4.514300	4.2489	4.7256
6	4.51	4.492700	4.2057	4.7040
9	4.50	4.471100	4.1625	4.6825
12	4.45	4.449500	4.1193	4.6612
15	4.40	4.427900	4.0761	4.6400

b. Cálculo de Sumatorias para la evaluación del pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de Cobre (PLA ion Cu+) para Yogur natural.

Tiempo (X)	Puntaje (Y)	x ²	y ²	XY	X- XP	Y-YP	(x-xp) ²	(Y-YP) ²
1	4.5	1	20.25	4.5	-7	0.0239	44	0.0005707
3	4.54	9	20.58	13.61	-5	0.0606	22	0.0036670
6	4.52	36	20.40	27.1	-2	0.0406	3	0.0016448
9	4.47	81	19.98	40.23	1	-0.0061	2	0.0000373
12	4.44	144	19.68	53.24	4	-0.0394	19	0.0015559
15	4.40	225	19.33	65.95	7	-0.0794	54	0.0063114
46.00	26.86	496.00	120.23	204.63	0.00	0.00	143.33	0.01
7.67	4.48	$\sum x^2$	$\sum y^2$	$\sum xy$			Sxx	Syy

Se determinó los datos de regresión b0 y b1 (coeficiente y pendiente)

$$y=b_0-b_1x$$

Intercepto 4.5441 (b0)

Pendiente -0.0089 (b1)

Datos experimentales de Y en f(x)

Tiempo	Puntaje	[^] Y	Y-Y [^]	(Y-Y [^]) ²
1	4.5	4.535200	-0.0352	0.0012390
3	4.52	4.517400	-0.0007	0.0000005
6	4.51	4.490700	0.0226	0.0005123
9	4.50	4.464000	0.0360	0.0012960
12	4.45	4.437300	0.0160	0.0002571
15	4.40	4.410600	-0.0106	0.0001124
			Sse	0.0034173

Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe^2 = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)}} SSe$$

$$MSe^2 = 0.0292$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 4.4

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

VIDA UTIL

16 días

Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$.

Tiempo	Puntaje	Y calculado	LCI	LCS
1	4.5	4.535200	4.2609	4.7606
3	4.52	4.517400	4.2253	4.7426
6	4.51	4.490700	4.1719	4.7159
9	4.50	4.464000	4.1185	4.6894
12	4.45	4.437300	4.0651	4.6631
15	4.40	4.410600	4.0117	4.6368

c. Cálculo de Sumatorias para la evaluación del pH en envase a base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag⁺) para yogur natural.

Tiempo (X)	Puntaje (Y)	x ²	y ²	XY	X- XP	Y-YP	(x-xp) ²	(Y-YP) ²
1	4.5	1	20.25	4.5	-7	0.0461	44	0.0021262
3	4.52	9	20.40	13.55	-5	0.0628	22	0.0039410
6	4.48	36	20.10	26.9	-2	0.0294	3	0.0008670
9	4.47	81	19.95	40.2	1	0.0128	2	0.0001633
12	4.41	144	19.48	52.96	4	-0.0406	19	0.0016448
15	4.34	225	18.86	65.15	7	-0.1106	54	0.0122225
46.00	26.72	496.00	119.04	203.26	0.00	0.00	143.33	0.02
7.67	4.45	$\sum x^2$	$\sum y^2$	$\sum xy$			Sxx	Syy

Se determinó los datos de regresión b_0 y b_1 (coeficiente y pendiente)

$$y = b_0 - b_1x$$

Intercepto	4.5405	(b_0)
Pendiente	-0.0113	(b_1)

Datos experimentales de Y en f(x)

Tiempo	Puntaje	$\hat{Y}$	$Y - Y^\wedge$	$(Y - Y^\wedge)^2$
1	4.5	4.529200	-0.0292	0.0008526
3	4.52	4.506600	0.0101	0.0001013
6	4.51	4.472700	0.0406	0.0016511
9	4.50	4.438800	0.0612	0.0037454

12	4.45	4.404900	0.0484	0.0023458
15	4.40	4.371000	0.0290	0.0008410
			Sse	0.0095373

Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe^2 = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)} SSe}$$

$$MSe^2 = 0.0488$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 4.4

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

VIDA UTIL 12 días

Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$.

Tiempo	Puntaje	Y calculado	LCI	LCS
1	4.5	4.529200	4.0745	4.9217
3	4.52	4.506600	4.0293	4.8990
6	4.51	4.472700	3.9615	4.8651
9	4.50	4.438800	3.8937	4.8313
12	4.45	4.404900	3.8259	4.7980
15	4.40	4.371000	3.7581	4.7647

Anexo 40: Tiempo de vida útil atributo ácidos titulables del yogur natural en envase a base de 3 tipos diferentes de PLA.

a. Cálculo de sumatorias para la evaluación de la acidez titulable en envase a base de ácido poliláctico (PLA) para yogur natural.

Tiempo (X)	Puntaje (Y)	x ²	y ²	XY	X- XP	Y-YP	(x-xp) ²	(Y-YP) ²
1	0.700	1	0.4900	0.7000	-6.6667	-0.0166	44.4444	0.0003
3	0.708	9	0.5017	2.1250	-4.6667	-0.0082	21.7778	0.0001
6	0.716	36	0.5122	4.2940	-1.6667	-0.0009	2.7778	0.0000

9	0.720	81	0.5179	6.4770	1.3333	0.0031	1.7778	0.0000
12	0.726	144	0.5271	8.7120	4.3333	0.0094	18.7778	0.0001
15	0.730	225	0.5324	10.9450	7.3333	0.0131	53.7778	0.0002
46.00	4.30	496.0000	3.0813	33.2530	0.0000	0.0000	143.3333	0.0006
7.67	0.72	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	$\sum XY$			Sxx	Syy

Se determinó los datos de regresión b0 y b1 (coeficiente y pendiente)

$$y = b_0 + b_1x$$

Intercepto	0.701	(b0)
Pendiente	0.002	(b1)

Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$.

Tiempo	Puntaje	$\hat{Y}$	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
1	0.700	0.703000	-0.0030	0.0000090
3	0.708	0.707000	0.0013	0.0000018
6	0.716	0.713000	0.0027	0.0000071
9	0.720	0.719000	0.0007	0.0000004
12	0.726	0.725000	0.0010	0.0000010
15	0.730	0.731000	-0.0013	0.0000018
			Sse	0.0000211

Datos experimentales de Y en f(x)

Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe^2 = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)}} SSe$$

$$MSe^2 = 0.0023$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 0.73

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

VIDA UTIL 15 días

Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$.

Tiempo	Puntaje	Y calculado	LCI	LCS
1	0.700	0.703000	0.6841	0.7253
3	0.708	0.707000	0.6921	0.7293
6	0.716	0.713000	0.7041	0.7353

9	0.720	0.719000	0.7161	0.7413
12	0.726	0.725000	0.7281	0.7473
15	0.730	0.731000	0.7401	0.7533

b. Cálculo de sumatorias para la evaluación de la acidez titulable en envase a base de ácido poliláctico con ion de cobre (PLA ion Cu+) para yogur natural.

Tiempo (X)	Puntaje (Y)	x ²	y ²	XY	X- XP	Y-YP	(x-xp) ²	(Y-YP) ²
1	0.700	1.000	0.490	0.700	-6.667	-0.022	44.444	0.0004889
3	0.718	9.000	0.515	2.153	-4.667	-0.004	21.778	0.0000198
6	0.723	36.000	0.523	4.340	-1.667	0.001	2.778	0.0000015
9	0.727	81.000	0.529	6.546	1.333	0.005	1.778	0.0000273
12	0.731	144.000	0.535	8.776	4.333	0.009	18.778	0.0000850
15	0.733	225.000	0.537	10.995	7.333	0.011	53.778	0.0001186
46.00	4.33	496.00	3.13	33.51	0.00	0.00	143.33	0.0007410
7.67	0.72	$\sum x^2$	$\sum y^2$	$\sum xy$			Sxx	Syy

Se determinó los datos de regresión b0 y b1 (coeficiente y pendiente)

$$y = b_0 + b_1x$$

Intercepto	0.7064	(b0)
Pendiente	0.002	(b1)

Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$.

Tiempo	Puntaje	$\hat{Y}$	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
1	0.700	0.708400	-0.0084	0.0000706
3	0.718	0.712400	0.0053	0.0000277
6	0.723	0.718400	0.0049	0.0000243
9	0.727	0.724400	0.0029	0.0000086
12	0.731	0.730400	0.0009	0.0000009
15	0.733	0.736400	-0.0034	0.0000116
			Sse	0.0001437

Datos experimentales de Y en f(x)

Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe^2 = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)}} SSe$$

$$MSe^2 = 0.0059$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 0.73

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

VIDA UTIL 12 días

Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$.

Tiempo	Puntaje	Y calculado	LCI	LCS
1	0.70	0.708400	0.6560	0.7642
3	0.72	0.712400	0.6640	0.7683
6	0.72	0.718400	0.6760	0.7743
9	0.73	0.724400	0.6880	0.7803
12	0.73	0.730400	0.7000	0.7863
15	0.73	0.736400	0.7120	0.7923

c. Cálculo de Sumatorias para la evaluación de la acides titulable en envase a

base de ácido poliláctico con ion de plata (PLA ion Ag+) para yogur natural.

Tiempo (X)	Puntaje (Y)	x ²	y ²	XY	X- XP	Y-YP	(x-xp) ²	(Y-YP) ²
1	0.700	1	0.49	0.7	-7	-0.0211	44	0.0004457
3	0.718	9	0.52	2.153	-5	-0.0034	22	0.0000119
6	0.722	36	0.52	4.33	-2	0.0006	3	0.0000003
9	0.726	81	0.53	6.537	1	0.0052	2	0.0000273
12	0.729	144	0.53	8.752	4	0.0082	19	0.0000676
15	0.732	225	0.54	10.975	7	0.0106	54	0.0001114
46.00	4.33	496.00	3.12	33.45	0.00	0.00	143.33	0.0006641
7.67	0.72	$\sum x^2$	$\sum y^2$	$\sum xy$			Sxx	Syy

Se determinó los datos de regresión b_0 y b_1 (coeficiente y pendiente)

$$y = b_0 + b_1x$$

Intercepto	0.7064	(b ₀)
Pendiente	0.0019	(b ₁)

Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$.

Tiempo	Puntaje	$\hat{Y}$	$Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
1	0.700	0.708300	-0.0083	0.0000689
3	0.718	0.712100	0.0056	0.0000310
6	0.722	0.717800	0.0039	0.0000150
9	0.726	0.723500	0.0028	0.0000080
12	0.729	0.729200	0.0001	0.0000000
15	0.732	0.734900	-0.0032	0.0000105
			Sse	0.0001333

Datos experimentales de Y en f(x)

Se determinó el cuadrado medio del error (MSe)

$$MSe^2 = S \sqrt{\frac{1}{(n-2)}} Sse$$

$$MSe^2 = 0.0058$$

Se determinó la vida útil y los límites de confianza:

Límite de Aceptabilidad = 0.73

$$\hat{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

VIDA UTIL 12 días

Límites de confianza para una regresión lineal del estimado $b_0 + b_1X$.

Tiempo	Puntaje	Y calculado	LCI	LCS
1	0.700	0.708300	0.6578	0.7621
3	0.718	0.712100	0.6654	0.7659
6	0.722	0.717800	0.6768	0.7716

9	0.726	0.723500	0.6882	0.7773
12	0.729	0.729200	0.6996	0.7830
15	0.732	0.734900	0.7110	0.7887