



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE
PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: JEAN CARLO LASCANO PÉREZ

DIRECTOR: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS, MCs.

Riobamba - Ecuador

2022

© 2022, Jean Carlo Lascano Pérez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, JEAN CARLO LASCANO PÉREZ declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de marzo de 2022



Jean Carlo Lascano Pérez

180487567-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO** realizado por el señor: **JEAN CARLO LASCANO PÉREZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Segundo Hugo Calderón, MGs. PRESIDENTE DE TRIBUNAL		2022-03-22
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos, MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-03-22
Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán, MGs. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-03-22

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Juan y Nancy, por la constancia y amor brindado, junto con su apoyo incondicional han permitido que logre culminar una etapa más de mis metas propuestas.

Jean

AGRADECIMIENTO

A mi familia que siempre ha estado presente en cada logro alcanzado y en especial en cada adversidad en la que me he encontrado, han sido siempre un pilar fundamental en cada decisión importante a tomar y una fuente de inspiración.

A mis amigos más cercanos, cuya amistad siempre ha sido confiable y gratificante en todos los momentos que hemos compartido, por lo que siempre tendré un aprecio muy grande hacia ellos.

A todos aquellos maestros que lograron crear un gusto muy grande en mí por la ciencia que implica la química y en especial a mi directora de tesis Ing. Linda Flores y colaboradora Dra. Cumandá Carrera por el apoyo y asesoría brindados en esta presente investigación.

A la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, por un proceso de instrucción académica de alto nivel brindado en mi formación como profesional.

Jean

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	2
1.1. Antecedentes de la investigación	2
1.2. Marco teórico	3
1.2.1. <i>Papel piedra</i>	3
1.2.2. <i>Polímeros</i>	3
1.2.3. <i>Quitina</i>	4
1.2.4. <i>Quitosano</i>	5
1.2.5. <i>Aplicaciones del quitosano</i>	6
1.2.6. <i>Carbonato de calcio</i>	7
1.2.7. <i>Plastificantes</i>	7
1.2.8. <i>Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier</i>	8

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	10
2.1. Objetivos	10
2.1.1. <i>Objetivo General</i>	10
2.1.2. <i>Objetivos Específicos</i>	10
2.2. Hipótesis y especificación de variables	10
2.2.1. <i>Hipótesis general</i>	10
2.2.2. <i>Hipótesis específicas</i>	10
2.2.3. <i>Identificación de variables</i>	11
2.2.4. <i>Operacionalización de variables</i>	12

2.2.5.	<i>Matriz de consistencia</i>	15
2.3.	Tipo y diseño de investigación	17
2.3.1.	<i>Tipo de investigación</i>	17
2.3.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	17
2.3.3.	<i>Diseño de investigación: Factorial</i>	19
2.3.3.1.	<i>Variables respuesta</i>	19
2.3.3.2.	<i>Factores experimentales</i>	19
2.3.3.3.	<i>Diseño experimental</i>	19
2.3.3.4.	<i>Modelo inicial a ajustar los resultados experimentales</i>	20
2.3.3.5.	<i>Descripción de los equipos materiales, reactivos y materia prima</i>	20
2.3.3.6.	<i>Pruebas experimentales</i>	21
2.4.	Unidad de análisis	21
2.5.	Población de estudio	22
2.6.	Tamaño de la muestra	22
2.7.	Selección de la muestra	22
2.8.	Técnicas de recolección de datos	22
2.8.1.	<i>Qitosano</i>	22
2.8.1.1.	<i>Obtención del qitosano</i>	22
2.8.2.	<i>Espectroscopía infrarroja</i>	23
2.8.3.	<i>Determinación de residuos por calcinación</i>	24
2.8.4.	<i>Determinación de humedad</i>	24
2.8.5.	<i>Solubilidad del qitosano</i>	25
2.8.6.	<i>Determinación potenciométrica</i>	25
2.8.7.	<i>Papel Piedra</i>	26
2.8.7.1.	<i>Propiedades de tracción</i>	26

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	27
3.1.	Datos	27
3.1.1.	<i>Método de la obtención del qitosano</i>	27
3.1.2.	<i>Datos obtenidos del proceso de obtención de qitosano</i>	27
3.1.3.	<i>Datos de la titulación potenciométrica del qitosano</i>	28
3.1.4.	<i>Datos obtenidos del análisis infrarrojo</i>	30
3.1.5.	<i>Datos obtenidos de los parámetros físico-químicos del qitosano</i>	31
3.1.6.	<i>Formulaciones preliminares en la elaboración del papel piedra</i>	31

3.1.6.1.	<i>Determinación de la concentración de materia prima: CaCO₃ y quitosano</i>	31
3.1.6.2.	<i>Determinación de la concentración de materia prima: CaCO₃ y polietilenglicol</i>	33
3.1.7.	<i>Determinación de la concentración del tipo de plastificante y temperatura de secado</i>	
	33
3.1.7.1.	<i>Método 1: CaCO₃ y quitosano</i>	33
3.1.7.2.	<i>Método 2: CaCO₃ y polietilenglicol</i>	37
3.1.8.	<i>Datos obtenidos de las pruebas de tracción del método 1: CaCO₃ y quitosano, de las formulaciones de citrato de sodio</i>	
	39
3.1.8.1.	<i>Formulación 1: 0,058 g citrato de sodio – 50 °C</i>	39
3.1.8.2.	<i>Formulación 2: 0,058 g citrato de sodio – 30 °C</i>	40
3.1.8.3.	<i>Formulación 3: 0,025g citrato de sodio – 50 °C</i>	40
3.1.8.4.	<i>Formulación 4: 0,025g citrato de sodio – 30 °C</i>	40
3.1.9.	<i>Datos del diseño factorial</i>	41
3.2.	Cálculos	42
3.2.1.	<i>Cálculos de la materia prima</i>	42
3.2.1.1.	<i>Cálculo del rendimiento de la quitina obtenida</i>	42
3.2.1.2.	<i>Cálculo del rendimiento del quitosano obtenido</i>	42
3.2.1.3.	<i>Cálculo del porcentaje de humedad del quitosano obtenido</i>	43
3.2.1.4.	<i>Cálculo del porcentaje de ceniza del quitosano obtenido</i>	43
3.2.1.5.	<i>Cálculo del porcentaje de solubilidad del quitosano</i>	44
3.2.1.6.	<i>Cálculo del grado de desacetilación del quitosano por titulación potenciométrica</i>	44
3.2.1.7.	<i>Cálculo del porcentaje de nitrógeno del quitosano</i>	45
3.3.	Resultados	45
3.3.1.	<i>Rendimientos obtenidos de quitina y quitosano</i>	45
3.3.2.	<i>Bandas de absorción del espectro infrarrojo del quitosano</i>	45
3.3.3.	<i>Resultados de la titulación potenciométrica</i>	46
3.3.4.	<i>Características físico-químicas del quitosano obtenido</i>	48
3.3.5.	<i>Resultados de las pruebas de tracción del papel piedra</i>	49
3.3.5.1.	<i>Formulación 1: 0,058 g citrato de sodio – 50 °C</i>	49
3.3.5.2.	<i>Formulación 2: 0,058 g citrato de sodio – 30 °C</i>	50
3.3.5.3.	<i>Formulación 3: 0,025g citrato de sodio – 50 °C</i>	51
3.3.5.4.	<i>Formulación 4: 0,025g citrato de sodio – 30 °C</i>	52
3.3.6.	<i>Resultados de elongación</i>	53
3.3.6.1.	<i>Efectos estimados para elongación</i>	53
3.3.6.2.	<i>ANOVA: Elongación</i>	54
3.3.6.3.	<i>Coefficiente de regresión</i>	59

3.3.6.4.	<i>Resultados estimados para elongación</i>	59
3.3.6.5.	<i>Optimización para elongación</i>	60
3.3.7.	Resultados de tensión	61
3.3.7.1.	<i>Efectos estimados para tensión</i>	61
3.3.7.2.	<i>ANOVA: Tensión</i>	62
3.3.7.3.	<i>Coefficientes de regresión para tensión</i>	66
3.3.7.4.	<i>Resultados estimados para tensión</i>	67
3.3.7.5.	<i>Optimización de respuesta para tensión</i>	68
3.4.	Prueba de Hipótesis	68
3.4.1.	<i>Prueba de hipótesis general</i>	68
3.4.2.	<i>Prueba de hipótesis específica 1</i>	69
3.4.3.	<i>Prueba de hipótesis específica 2</i>	69
3.4.4.	<i>Prueba de hipótesis específica 3</i>	69
CONCLUSIONES		70
RECOMENDACIONES		72
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Generación de desechos.....	2
Tabla 1-2:	Polímeros convencionales comunes, unidad repetida que los conforma y aplicaciones.	4
Tabla 1-3:	Aplicaciones del quitosano	6
Tabla 1-4:	Composición química promedio del CaCO ₃	7
Tabla 1-5:	Prestaciones claves y distintas familias de plastificantes	8
Tabla 1-6:	Longitud de ondas del infrarrojo.....	8
Tabla 2-1:	Identificación de variables	11
Tabla 2-2:	Operacionalización de variables	12
Tabla 2-3:	Matriz de consistencia	15
Tabla 2-4:	Variables respuesta	19
Tabla 2-5:	Factores experimentales.....	19
Tabla 2-6:	Diseño del proceso.....	19
Tabla 2-7:	Modelo inicial a ajustarse	20
Tabla 2-8:	Proceso de obtención del quitosano	22
Tabla 2-9:	Espectroscopía de infrarrojo	23
Tabla 2-10:	Determinación de ceniza del quitosano.....	24
Tabla 2-11:	Determinación de humedad del quitosano	24
Tabla 2-12:	Determinación de materia insoluble del quitosano.....	25
Tabla 2-13:	Determinación potenciométrica	25
Tabla 2-14:	Determinación de pruebas de tracción del papel	26
Tabla 3-1:	Método de obtención del quitosano	27
Tabla 3-2:	Datos obtenidos del proceso de obtención del quitosano	28
Tabla 3-3:	Datos obtenidos de la titulación potenciométrica.....	28
Tabla 3-4:	Datos obtenidos del análisis infrarrojo.....	30
Tabla 3-5:	Datos obtenidos de los parámetros físico-químicos del quitosano	31
Tabla 3-6:	Determinación de la concentración de materia prima: CaCO ₃ y quitosano	31
Tabla 3-7:	Determinación de la concentración de materia prima: CaCO ₃ y polietilenglicol	33
Tabla 3-8:	Determinación de la concentración del tipo de plastificante y temperatura de secado: Método 1	34
Tabla 3-9:	Determinación de la concentración del tipo de plastificante y temperatura de secado: Método 2	37
Tabla 3-10:	Datos de tracción obtenidos de la formulación 1	39
Tabla 3-11:	Datos de tracción obtenidos de la formulación 2	40

Tabla 3-12:	Datos de tracción obtenidos de la formulación 3	40
Tabla 3-13:	Datos de tracción obtenidos de la formulación 4	40
Tabla 3-14:	Rendimientos obtenidos de quitina y quitosano	45
Tabla 3-15:	Espectros del quitosano obtenido.....	46
Tabla 3-16:	Caracterización del quitosano obtenido	48
Tabla 3-17:	Resultados de tracción: Formulaci3n 1	49
Tabla 3-18:	Resultados de tracci3n: Formulaci3n 2	50
Tabla 3-19:	Resultados de tracci3n: Formulaci3n 3	51
Tabla 3-20:	Resultados de tracci3n: Formulaci3n 4	52
Tabla 3-21:	Efectos estimados para elongaci3n (%).....	53
Tabla 3-22:	Análisis de varianza para elongaci3n	54
Tabla 3-23:	Coefficiente de regresi3n para elongaci3n	59
Tabla 3-24:	Resultados estimados para elongaci3n	59
Tabla 3-25:	Optimizar respuesta de elongaci3n	60
Tabla 3-26:	Efectos estimados para tensi3n (N/cm ²)	61
Tabla 3-27:	Análisis de varianza para tensi3n	62
Tabla 3-28:	Coefficientes de regresi3n para tensi3n.....	66
Tabla 3-29:	Resultados estimados para tensi3n.....	67
Tabla 3-30:	Optimizar respuesta para tensi3n	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Representación química de un monómero y un polímero.....	4
Figura 1-2: Unidades repetidas de quitano y quitosano.....	5
Figura 1-3: Estructura química de a) celulosa, b) quitina y c) quitosana.....	6
Figura 1-4. Absorción [% A] versus longitud de onda [cm-1].....	9

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3-1:	Rendimiento de la quitina	42
Ecuación 3-2:	Rendimiento del quitosano.....	42
Ecuación 3-3:	Porcentaje de humedad	43
Ecuación 3-4:	Porcentaje de ceniza.....	43
Ecuación 3-5:	Porcentaje de solubilidad	44
Ecuación 3-7:	Grado de desacetilación	44
Ecuación 3-8:	Porcentaje de nitrógeno.....	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1:	Diagrama de flujo de la obtención de quitosano	17
Gráfico 2-2:	Método 1 de la síntesis de papel piedra.....	18
Gráfico 2-3:	Método 2 de la síntesis de papel piedra.....	18
Gráfico 3-1:	Libro de datos del diseño factorial	41
Gráfico 3-2:	Modelo y orden del diseño factorial.....	42
Gráfico 3-3:	Bandas de absorción del análisis IR.....	45
Gráfico 3-4:	Espectros de quitina y quitosano.....	46
Gráfico 3-5:	Primera derivada de la titulación potenciométrica	47
Gráfico 3-6:	Segunda derivada de la titulación potenciométrica	47
Gráfico 3-7:	Diagrama de Pareto estandarizado para elongación	53
Gráfico 3-8:	Gráfica de residuos para elongación	55
Gráfico 3-9:	Gráfica de probabilidad normal para elongación	55
Gráfico 3-10:	Gráfica de efectos principales para elongación	56
Gráfico 3-11:	Gráfica de interacción para elongación	56
Gráfico 3-12.:	Superficie de respuesta estimada para elongación	57
Gráfico 3-13:	Gráfica de cuadro para elongación.....	57
Gráfico 3-14:	Contornos de la superficie de respuesta estimada para elongación	58
Gráfico 3-15:	Diagrama de Pareto estandarizado para tensión	61
Gráfico 3-16:	Gráfica de residuos para tensión	63
Gráfico 3-17:	Gráfica de probabilidad normal para tensión	63
Gráfico 3-18:	Gráfica de efectos principales para tensión.....	64
Gráfico 3-19:	Gráfica de interacción para tensión.....	64
Gráfico 3-20:	Superficie de respuesta estimada para tensión	65
Gráfico 3-21:	Gráfica de cuadrado para tensión.....	65
Gráfico 3-22:	Contornos de la superficie de respuesta estimada para tensión	66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PORCENTAJE DE PROTEÍNA DEL QUITOSANO

ANEXO B: PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL PAPEL PIEDRA

ANEXO C: OBTENCIÓN DEL QUITOSANO

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DEL QUITOSANO OBTENIDO

ANEXO E: FORMULACIONES PRELIMINARES DEL PAPEL PIEDRA

ANEXO F: OBTENCIÓN DEL PAPEL PIEDRA

ANEXO G: PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL PAPEL

RESUMEN

En el presente trabajo, se evaluaron dos metodologías para la obtención de un papel cuya materia prima base se trató de carbonato de calcio y dos tipos de polímeros, quitosano para la primera metodología y polietilenglicol para la segunda metodología. Por tanto, se procedió a la síntesis del quitosano a partir del exoesqueleto del camarón (*Litopenaeus vannamei*) por desacetilación de la quitina, donde se obtuvo un rendimiento del 41,19 % de quitina y un 37,02 % de quitosano, mismo que fue sometido a una caracterización fisicoquímica. Para la primera metodología, se emplearon los datos reales de porcentajes de los reactantes, concentraciones y tiempos de secado recopilados de la literatura, resultando una evaluación poco concisa al no contar con una base de cálculo de partida, por lo que se optó por realizar formulaciones aleatorias cercanas a una relación 1:2 de quitosano y carbonato de calcio respectivamente, donde los mejores resultados correspondieron a las formulaciones del citrato de sodio como plastificante. Por otro lado, la evaluación a la segunda metodología presentó resultados totalmente nulos, así, el estudio del diseño factorial se dio en base al porcentaje de elongación y tensión de la primera metodología. De los resultados obtenidos se concluye que existe una interacción en los niveles bajo y alto entre los factores de temperatura y plastificante respecto a la tensión del papel, cuyo valor máximo de respuesta optimizada es de 1000,99 N/cm². Sin embargo, se recomienda trabajar en el nivel alto de temperatura para un porcentaje de elongación óptimo, donde el plastificante tiene un valor significativo a valores cercanos de 44,2029 °C y no en su valor bajo, esto con el fin de obtener un papel de mejor calidad.

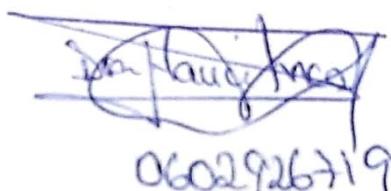
Palabras clave: <CARBONATO DE CALCIO>, <PAPEL PIEDRA>, <POLÍMERO NATURAL>, <ECOAMIGABLE>, <DISEÑO FACTORIAL>.



ABSTRACT

In the present work, two methodologies were evaluated to obtain a paper whose base raw material was calcium carbonate and two types of polymers, chitosan for the first methodology and polyethylene glycol for the second methodology. Therefore, chitosan was synthesized from the exoskeleton of the shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by deacetylation of chitin, where a yield of 41.19% chitin and 37.02% chitosan was obtained, which was subjected to a physicochemical characterization. For the first methodology, the real data of percentages of the reactants, concentrations and drying times compiled from the literature were used, resulting in an evaluation that was not very concise since it did not have a starting calculation base, so it was decided to make formulations random close to a 1:2 ratio of chitosan and calcium carbonate respectively, where the best results corresponded to the formulations of sodium citrate as plasticizer. On the other hand, the evaluation of the second methodology presented totally null results, thus, the study of the factorial design was based on the percentage of elongation and tension of the first methodology. From the results obtained, it is concluded that there is an interaction at low and high levels between the factors of temperature and plasticizer with respect to the tension of the paper, whose maximum value of optimized response is 1000.99 N/cm². However, it is recommended to work at a high temperature level for an optimal elongation percentage, where the plasticizer has a significant value at values close to 44.2029 °C and not at its low value, in order to obtain a paper better quality.

Keywords: <CALCIUM CARBONATE>, <PAPER STONE>, <NATURAL POLYMER>, <ECO-FRIENDLY>, <FACTORIAL DESIGN>.



Handwritten signature and number: 0602926719

INTRODUCCIÓN

El papel piedra es un producto que en los últimos años ha tenido una gran acogida en la industria papelería puesto que posee la peculiaridad de no necesitar el recurso hídrico que es el agua, en el proceso de su síntesis, además que se le adjuntan características similares a las del papel tradicional de fibra de celulosa, incluso este tipo de papel a base de carbonato de calcio y polietileno es impermeable al agua, lo cual lo convierte en un producto con usos muy versátiles. Sin embargo, el empleo de este polímero (polietileno) implica una contrariedad al medio ambiente, puesto que su principal fuente de obtención es el petróleo, cuya explotación suele significar grandes afectaciones territoriales y contaminación a las mismas.

Bajo este escenario, es importante el empleo de polímeros alternativos que sean renovables y sobre todo amigables con el medio, es así que para este proyecto se optó por el uso del quitosano y polietilenglicol, cuyas evaluaciones en la síntesis del papel piedra se verán reflejadas en las pruebas de tracción, cuyos resultados serán sometidos a un diseño factorial con el propósito de determinar la mejor formulación en base a los parámetros físico-mecánicos a los que fueron sometidas las distintas muestras.

Para lo cual se partirá de la obtención de cáscaras de camarón (*Litopenaeus vannamei*) como materia prima, para su tratamiento químico en la síntesis del quitosano, mismo que será sometido a una caracterización físico-química para determinar sus propiedades principales como; grado de desacetilación, porcentaje de nitrógeno, ceniza, humedad, solubilidad, entre otros.

Además, se tratará con varios tipos de plastificantes: citrato de sodio, glicerina, alcohol polivinílico y ácido láctico, con el fin de determinar las mejores características que presente el papel respecto al uso de los mismos.

Por tanto, este proyecto consta de 6 etapas, que parte de la obtención del quitosano, caracterización de la materia prima, la evaluación de dos métodos en la síntesis del papel, determinación del mejor plastificante, sometimiento a pruebas de tracción a las muestras obtenidas y finalmente la ejecución de un diseño factorial.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

El manejo de residuos, en especial los residuos sólidos en cualquier tipo de industria, es fundamental para garantizar un impacto mínimo en el medio ambiente, además, una buena implementación de economía circular mediante el tratamiento de los mismos, puede generar ingresos de lo que en un principio se vería únicamente como materia de desecho. Esto se ve reflejado en el principio de las 3R (Reducir, Reutilizar, Reciclar) misma que fue “presentada por el primer ministro de Japón durante la cumbre del G8 en junio de 2004” (Pelaez y Hernández, 2019). Con el objetivo de construir una sociedad orientada al reciclaje y concientizar nuestras acciones de consumo en post de prevenir daños colaterales a la naturaleza.

Por tanto, la industria papelera no está exenta de esta actividad del reciclaje, además que es una fuente de empleo para miles de familias a nivel global. En el Ecuador existen un estimado de 20.000 recicladores y 1.200 centros de acopio que constituyen una cadena de reciclaje a nivel nacional, misma que está conformada por industria, consumidor, acopio, traslado, clasificación y por último el proceso industrial («Ranking Financiero » 2014 p. 100).

Tabla 1-1: Generación de desechos

GENERACIÓN A NIVEL NACIONAL 4'139.512 Ton/año					
INORGÁNICOS 25,2%		ORGÁNICOS 61,4%		OTROS	
RECICLABLE 5	Papel + cartón	26,4%	Orgánicos	8%	13,4%
	Plástico	12%	• Total 361.751 (Ton/año)		
	Vidrio	1%	• 60 Gads con procesos de aprovechamiento		
	Chatarra	60,6%			

Fuente: («Ranking Financiero» 2014 p. 96).

En la tabla 1-1 se aprecia que el 25% de residuos generados anualmente son de carácter inorgánico, es decir que son potencialmente reutilizables mediante tratamientos adecuados de reciclaje, sin embargo el 82,5% de 21.678 hogares del Ecuador no recicla los plásticos y el 80,4 % no recicla el papel («Ranking Financiero » 2014 p. 96). Lo cual sigue conllevando a un problema ambiental, aun cuando el artículo 14 de la Constitución del Ecuador, “reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*” (Asamblea Constituyente de Montecristi, 2008 p. 3).

Entendiéndose así, que el Estado debe garantizar un entorno adecuado para el desarrollo de la vida, esto a través de sus instituciones públicas, sin embargo, la tarea recae también en aquellas empresas de carácter privado y en cada uno de nosotros como individuos del Estado Ecuatoriano. Por este motivo es esencial crear alternativas ecológicas en la obtención de productos de uso cotidiano como los plásticos y el papel en especial.

El papel piedra es una alternativa potencial que podría cumplir muchos de los mismos usos que el papel y las películas de PP (Polypropylene film), TLM ((Taiwan Lung Meng Technology Co. Ltd) hace una serie de afirmaciones sobre Stone Paper y el proceso utilizado para fabricarlo, por ejemplo, afirma el no manejo de recursos forestales, la contaminación al agua ni al aire, debido a sus escasas emisiones en su proceso de fabricación (Affeldt et al., 2016 p. 9).

Este tipo de papel contiene alrededor de 80% de carbonato de calcio y 20% de HDPE, y ciertos aditivos en menores proporciones. Para su obtención se realiza una mezcla del carbonato de calcio triturado con polietileno de alta densidad granulado y aditivos en una peletizadora para crear nuevos pellets, posteriormente, los gránulos se extruyen en películas de varios espesores, mismas que serían transportadas a las máquinas de recubrimiento para finalizar su proceso. Finalmente se corta el papel resultante, se enrolla y se envía a ser etiquetado (Affeldt et al., 2016 p. 12).

1.2. Marco teórico

1.2.1. Papel piedra

También conocido como papel de mármol o papel mineral, es un producto que está hecho principalmente de carbonato de calcio y en menor proporción de un agente aglutinante como el polietileno, además que su fabricación no emplea pulpa de madera, agua, ni compuestos de cloro o ácidos, por lo que es amigable con el medio (Indriati, Nugraha y Perng, 2020 p. 2).

El papel piedra posee cualidades muy similares a las del papel convencional y otras cualidades únicas como: ser resistente al agua, por lo que se puede escribir mientras esté mojado, convirtiéndolo en un producto ideal para elaborar mapas, sobres, almohadillas, etc. De igual manera posee una gran resistencia a polillas e insectos y una gran impermeabilidad a las grasas, y estas otras cualidades ayudan a lograr objetivos ambientales y sostenibles (rockstock).

1.2.2. Polímeros

“Un polímero es un compuesto constituido por grandes moléculas, obtenido a partir de la unión de moléculas más pequeñas denominadas monómeros” (Gutiérrez Valencia, Chito Trujillo y Cuervo Ochoa, 2019 p. 13).



Figura 1-1. Representación química de un monómero y un polímero

Fuente: (Gutiérrez Valencia, Chito Trujillo y Cuervo Ochoa, 2019 p. 14).

Tabla 1-2: Polímeros convencionales comunes, unidad repetida que los conforma y aplicaciones.

Polímero	Unidad Repetitiva	Aplicaciones
Poliétileno	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$	Bolsas, contenedores de jugo, leche y agua, juguetes, botellas para detergentes.
Polipropileno	$\left[\text{CH}_2 - \overset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n$	Bolsas, bandejas, vasos, juguetes, botellas, tarros, películas, etc
Policloruro de vinilo	$\left[\text{CH}_2 - \overset{\text{Cl}}{\text{C}} \right]_n$	Tuberías, envases, blisters, mangueras, suelas de zapato, etc
Poliestireno	$\left[\text{CH}_2 - \overset{\text{H}}{\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{C}}} \right]_n$	Vasos, bandejas, cajas, cubiertos, embalaje, etc
Polítereftalato de etileno	$\left[\text{C}(=\text{O}) - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} \right]_n$	Botellas para bebidas carbonatadas y agua, de alimentos, etc

Fuente: (Gutiérrez Valencia, Chito Trujillo y Cuervo Ochoa, 2019 p. 15).

1.2.3. Quitina

Es un polímero natural del tipo polisacárido, conque posee características similares a la celulosa, con ciertas diferencias moleculares. La quitina es blanca, dura, inelástica y es la mayor fuente de contaminación superficial cercanas al mar. Su principal obtención es de exoesqueletos de camarones o cangrejos, para luego someterse a un tratamiento químico para su despigmentación, remoción de sales existentes y proteínas de la misma (Lemus Centes et al., 2007 p. 2).

El proceso de desacetilación completa de la quitina por un agente ácido da como resultado un compuesto conocido como quitano; en el caso de que la desacetilación no es completa se obtiene una mezcla de cadenas que tienen distintas proporciones de unidades $\beta(1-4)$ - 2-acetamido-2-desoxi-D-glucosa y $\beta(1-4)$ -2-amino-2-desoxi-D-glucosa, mismas que dependerán de las condiciones de reacción, por tanto sus propiedades serán distintas, a estos derivados se los conoce como quitosanos. Las principales formas de diferenciarlos son mediante sus propiedades físico-químicas, como la solubilidad (Lárez Velásquez, 2003 p. 93).

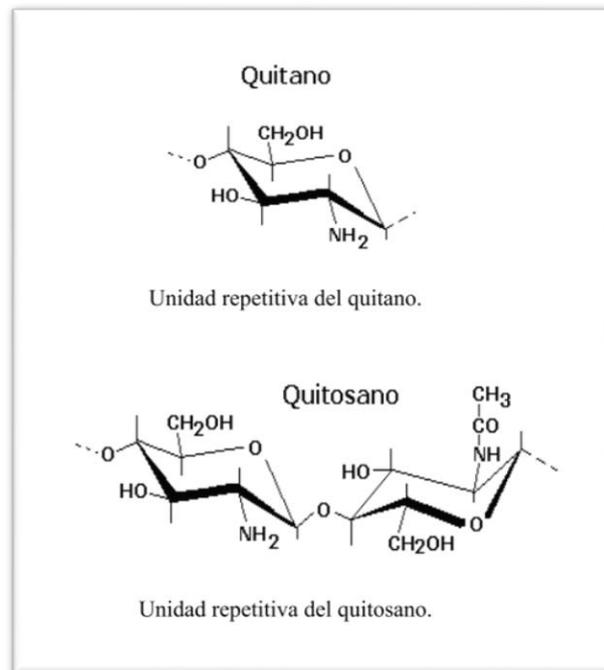


Figura 1-2. Unidades repetidas de quitano y quitosano

Fuente: (Lárez Velásquez, 2003 p. 93).

1.2.4. Quitosano

“La quitosana es un polímero lineal formado por monómeros de D-Glucosamina, los que se encuentran unidos por enlaces $\beta(1,4)$, siendo nombrada químicamente: 2- Amino-2-Desoxi- β -D-Glucopiranososa” (Hernández, 2004 p. 2).

La estructura estable del quitosano afecta de cierta forma las aplicaciones que puede tener, debido a su poca solubilidad a pH neutro o alcalino, al poseer enlaces de hidrógeno muy fuertes.

Por tanto, cuando el pH es menor a 6,5 los grupos amino del quitosano son protonados, es decir en medios ácidos (Cusihuamán Noa et al., 2018 p. 205).

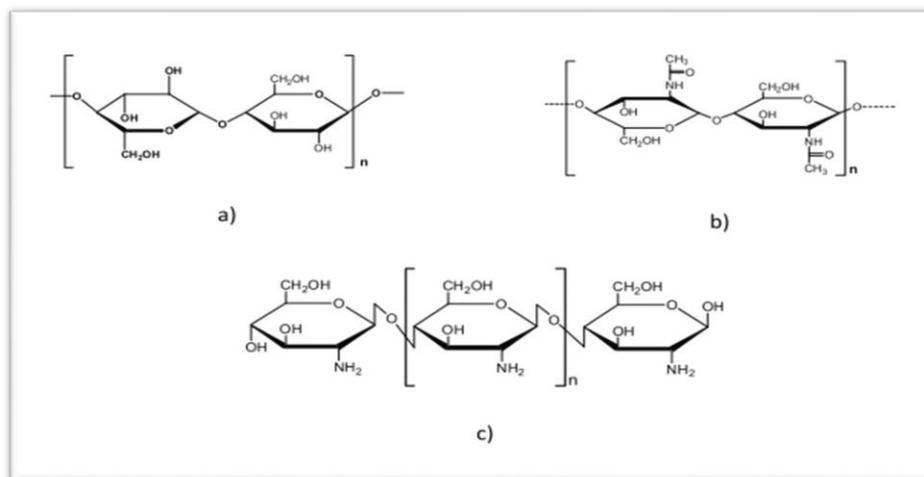


Figura 1-3. Estructura química de a) celulosa, b) quitina y c) quitosano.

Fuente: (Ramirez, Delgado y Andrade, 2016 p. 770).

1.2.5. Aplicaciones del quitosano

Tabla 1-3: Aplicaciones del quitosano

Usos del Quitosano	
Química Analítica	Cromatografía, intercambiadores de iones, absorción de iones de metales pesados y absorción de ácidos, entre otros.
Biomedicina	Membrana de hemodiálisis, suturas biodegradables, sustituyentes artificiales de la piel, agente cicatrizante en quemaduras, sistemas liberadores de fármacos, liberación de insulina, etc.
Agricultura y ganadería	Recubrimiento de semillas para su conservación durante el almacenamiento, sistemas liberadores de fertilizantes, en formulación de pesticidas, etc.
Cosméticos	Espumas de afeitar, cremas para la piel y el cuerpo.
Dietéticos	Adelgazantes
Industria	Papel, textil, alimentaria (soporte para inmovilización de enzimas en la producción de maltosa, espesante en alimentos, agente de oxidación controlada, agente preservante).
Tratamiento de aguas	Agente floculante, agente coagulante, agentes filtrantes para piscinas y spas, remoción de metales, remoción de surfactantes, etc.

Fuente: (Lárez Velásquez, 2003 p.p. 94-95-96).

En la tabla 1-3 se observa una clasificación de todos los campos en los que se utiliza el quitosano, al ser este un material muy versátil.

1.2.6. Carbonato de calcio

Es un mineral que se obtiene por molienda de la piedra caliza o como carbonato de calcio precipitado, ambos son químicamente semejantes, pero poseen diferencias, tanto en su obtención como en los usos de carácter industrial (Bragagnini et al., 2014).

El carbonato de calcio en adición con ácidos desprende dióxido de carbono por su reacción de efervescencia, como se muestra a continuación.

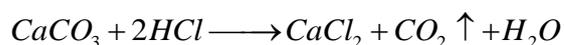


Tabla 1-4: Composición química promedio del CaCO₃

Mineral	% (en peso)	Mineral	% (en peso)
Carbonato de Calcio	98.0 mínimo	Pentóxido de Fósforo	Trazas
Óxido de Manganeso	0.55	Óxido de Potasio	0.05
Sílice	0.27	Óxido de Sodio	0.21
Alúmina	0.50	Insolubles en HCl	1.00 máximo
Trióxido de Hierro III	0.09 máximo	Pérdidas por calcinación	43.15
Dióxido de Titanio	0.03	pH (suspensión acuosa al 10%)	8.5 – 9.5
Trióxido de Azufre	0.25 máximo		

Fuente: (Hernández Ávila et al., 2014 p. 18).

En la Tabla 2.2, se presentan las composiciones químicas promedio del carbonato de calcio y las pérdidas por calcinación las cuales son las referencias para determinar algunas de sus propiedades y usos a nivel industrial.

1.2.7. Plastificantes

La clasificación de los plastificantes se puede ejecutar mediante su propiedades físico-químicas, así por ejemplo se puede clasificarlos por su peso molecular (monoméricos, poliméricos), sin embargo, se recomienda que su clasificación se efectúe por su estructura química y sus prestaciones.

De esta forma se los puede categorizar bajo 3 parámetros:

- Uso general: Con el fin de conseguir la flexibilidad deseada.
- De prestaciones: Otorgan características adicionales como; baja temperatura y volatilidad, buenos disolventes.
- Plastificantes especiales: Mejores propiedades como; baja difusividad, estabilidad, resistencia a llama (Navarro y Reinecke, 2012 p. 14-15).

Tabla 1-5: Prestaciones claves y distintas familias de plastificantes

PLASTIFICANTES							
Familia	Uso General	Plastificantes de Prestaciones			Plastificantes Especiales		
		Buen disolvente	Baja temperatura	Baja volatilidad	Baja difusión	Estable	Resistente a la llama
Ftalatos	X	X	X	X	X		X
Trimelitatos			X	X	X		
Diésteres alifáticos			X				
Poliésteres				X	X		
Epóxidos			X	X		X	
Fosfatos		X	X				X
Extendedores	X						
diversos		X		X	X		

Fuente: (Navarro y Reinecke, 2012 p. 14).

1.2.8. Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier

Consiste en el estudio de la absorción o emisión de energía radiante por la interacción entre la radiación electromagnética y las moléculas, mismas que tienen la posibilidad de rotar y vibrar a distintas frecuencias (Piqué y Vázquez, 2012 p. 63).

Tabla 1-6: Longitud de ondas del infrarrojo

Longitud de onda para distintos rangos en el infrarrojo.	
Infrarrojo	cm-1
Lejano	10 a 650
Medio (IR)	650 a 4000
Próximo	4000 a 12500

Fuente: (Piqué y Vázquez, 2012 p. 63).

En la Tabla 1-6 se aprecian los movimientos vibracionales de los enlaces químicos de los distintos componentes, que se encuentran dentro del rango de frecuencia del Infrarrojo.

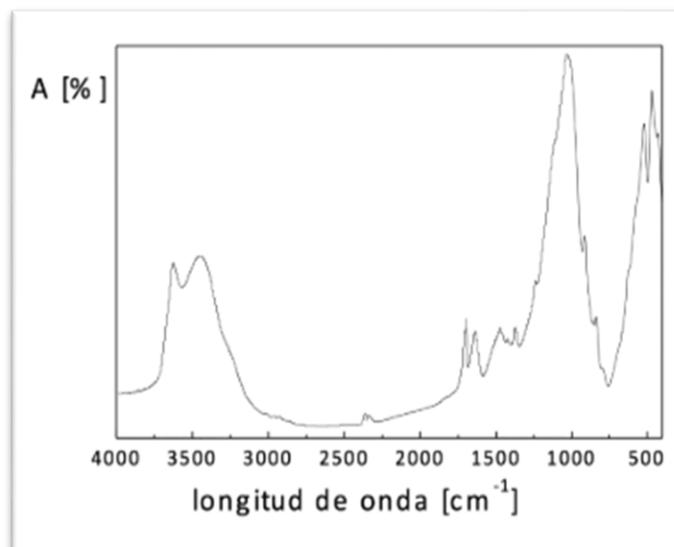


Figura 1-4. Absorción [% A] versus longitud de onda [cm-1].

Fuente: (Piqué y Vázquez, 2012 p. 64).

Cada compuesto, posee distintas bandas asociadas a los movimientos vibraciones de los enlaces de las moléculas de dichos compuestos, por tanto, el conjunto de sus espectros determinará un comportamiento único frente al haz de infrarrojo.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos

2.1.1. *Objetivo General*

Evaluar dos métodos de obtención de papel piedra a base carbonato de calcio.

2.1.2. *Objetivos Específicos*

- Sintetizar quitosano por desacetilación de quitina de las cáscaras de camarón (*Litopenaeus vannamei*).
- Efectuar la caracterización físico-química del quitosano obtenido.
- Desarrollar un diseño experimental factorial 2^k en la síntesis del papel piedra.

2.2. Hipótesis y especificación de variables

2.2.1. *Hipótesis general*

Es posible obtener un papel a base de carbonato de calcio y resinas atóxicas junto con agentes plastificantes, cuyas características físicas sean semejantes o mejores a las del papel convencional obtenidas por fibras de celulosa, y de esta manera, desarrollar un producto amigable con el medio ambiente y que no genere residuos perjudiciales.

2.2.2. *Hipótesis específicas*

H1: La síntesis del quitosano a partir de las cáscaras del camarón (*Litopenaeus vannamei*) se puede realizar por el método directo y obtener un grado de desacetilación óptimo.

H2: La caracterización físico-química del quitosano obtenido determinará las propiedades del polímero natural y su viabilidad en la síntesis del papel piedra.

H3: El desarrollo de un diseño experimental factorial 2^k , determinará la mejor formulación para la síntesis del papel piedra.

2.2.3. Identificación de variables

Tabla 2-1: Identificación de variables

Etapas del proceso	Variables independientes	Variables dependientes
Síntesis del quitosano	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura• Concentración• Tiempo de secado• Cantidad de materia prima	<ul style="list-style-type: none">• pH• Cantidad de quitosano obtenido• Tamaño de partícula
Caracterización físico-química del quitosano	<ul style="list-style-type: none">• Peso molecular del quitosano• Humedad• Ceniza• Concentración	<ul style="list-style-type: none">• Solubilidad• Porcentaje de nitrógeno• Grado de desacetilación• Viscosidad
Obtención del papel piedra	<ul style="list-style-type: none">• Aditivos• Temperatura• Concentración• Tiempo de secado• Tiempo de sonicación	<ul style="list-style-type: none">• Espesor• Impermeabilidad• Flexibilidad• Elongación

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

2.2.4. Operacionalización de variables

Tabla 2-2: Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Definición operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición
Temperatura	Independiente	Cantidad de calor o nivel térmico que presenta un cuerpo	Temperatura de secado	Calor	Estufa
			Temperatura de homogenización		termómetro
Concentración	Independiente	Relación existente entre la cantidad de soluto y cantidad de disolvente de una mezcla.	Soluciones	g soluto/g solución	Balón de aforo, pipetas, etc.
			Aglutinantes		
			Plastificantes		
Tiempo de secado	Independiente	Magnitud de exposición de una muestra al calor durante un periodo	Qitosano	Eliminación de agua	Cronómetro, temporizador
			Papel piedra		
Cantidad de materia prima	Independiente	Peso de la materia a utilizarse	CaCO ₃	Peso de la muestra	Balanza analítica
			Polímeros		
			Cáscaras de Camarón		
Humedad	Independiente	Cantidad de agua que contiene un cuerpo	-	% Humedad	Balanza de humedad
Ceniza	Independiente	Cantidad de residuos orgánicos no volátiles obtenidos por calcinación.	-	Componentes no volatilizados	Mufla

Peso molecular del quitosano	Independiente	Masa de la molécula del quitosano, definida por la suma de los pesos de sus átomos que la conforman.	-	Peso del quitosano obtenido	Viscosímetro
Aditivos	Independiente	Tipos de plastificantes que otorgan propiedades físicas a una muestra.	Citrato de Sodio	Concentraciones	Balanza analítica, pipetas
			Glicerina		
			Alcohol Polivinílico		
			Ácido Láctico		
Tiempo de sonicación	Independiente	Magnitud que indica el periodo de exposición de una muestra a ondas sonoras.	-	Disolución de la muestra	Sonicador, temporizador
pH	Dependiente	Determina el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o solución.	-	Cantidad de H ⁺	Potenciómetro, pH-metro
Cantidad de quitosano obtenido	Dependiente	El peso de la materia obtenida al finalizar un proceso.	-	Peso final	Balanza analítica
Tamaño de partícula	Dependiente	Forma final de las partículas al pasar por un proceso de tamizado.	-	Tamaño	Tamiz
Solubilidad	Dependiente	Capacidad de un cuerpo o sustancia para mezclarse en un líquido.	-	Mezcla parcial o total de la muestra	Tubos de ensayo, vaso de precipitación
Porcentaje de nitrógeno	Dependiente	Cantidad de nitrógeno presente en una muestra definida.	-	Cantidad de grupos aminos presentes	Espectrofotómetro de Infrarrojo, aparato Kjeldahl
Grado de desacetilación	Dependiente	Cantidad de grupos acetamida convertidos en grupos amino.	-	Grupos aminos presentes	Espectrofotómetro de Infrarrojo, titulación potenciométrica

Viscosidad	Dependiente	Capacidad de un fluido a deformarse por tensores.	-	Fluidez de un fluido	viscosímetros
Espesor	Dependiente	Medida de longitud más pequeña de un cuerpo.	-	Longitud	Flexómetro
Impermeabilidad	Dependiente	Resistencia de un cuerpo a mojarse.	-	Altura de agua	Tubo
Flexibilidad	Dependiente	Capacidad que posee un cuerpo al alargamiento sin presentar rotura.	-	Rotura	Probetas
Elongación	Dependiente	Aumento de longitud de un material sometido a un esfuerzo de tracción.	-	Longitud	Flexómetro

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

2.2.5. Matriz de consistencia

Tabla 2-3: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Problema General		Objetivo General	Hipótesis General	
La gran demanda que posee el papel para uso cotidiano, ha traído consecuencias negativas al medio ambiente a lo largo de los años, al ser la madera la principal fuente de materia prima para su fabricación. Por esta razón, se ha implementado varias alternativas para su obtención, sin embargo, el carbonato de calcio y empleo de polímeros naturales para su síntesis, vienen a ser una opción viable al ser compuestos amigables con el medio ambiente y que no generan residuos contaminantes.		Evaluar dos métodos de obtención de papel piedra a base carbonato de calcio.	Es posible obtener un papel a base de carbonato de calcio y resinas atóxicas junto con agentes plastificantes, cuyas características físicas sean semejantes o mejores a las del papel convencional obtenidas por fibras de celulosa y de esta manera, desarrollar un producto amigable con el medio ambiente y que no genere residuos perjudiciales.	
ASPECTOS ESPECIFICOS				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
El grado de desacetilación y el peso molecular del polímero obtenidos son fundamentales en la síntesis del papel.	Sintetizar quitosano por desacetilación de quitina de las cáscaras de camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i>).	H1: La síntesis del quitosano a partir de las cáscaras del camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i>) se puede realizar por el método directo y	Temperatura Concentración Tiempo de secado Cantidad de materia prima pH	Obtención del quitosano por método directo. Desmineralización Desproteínización

		obtener un porcentaje de desacetilación óptimo.	Cantidad de quitosano obtenido Tamaño de partícula	Despigmentación Desacetilación
La caracterización del quitosano debe presentar resultados óptimos para su empleo en la síntesis del papel.	Efectuar la caracterización físico-química del quitosano obtenido.	H2: La caracterización físico-química del quitosano obtenido determinará las propiedades del polímero natural y su viabilidad en la síntesis del papel piedra.	Peso molecular del quitosano Humedad Ceniza Concentración Solubilidad Porcentaje de nitrógeno Grado de desacetilación Viscosidad	Espectroscopía Infrarroja Titulación Potenciométrica Método Kjeldahl Viscosimetría Pruebas de Humedad Pruebas de Ceniza
No existe un método que utilice polietilenglicol en la obtención de papel piedra, de igual manera se desconoce del mejor plastificante para dicha formulación.	Desarrollar un diseño experimental factorial 2^k en la síntesis del papel piedra.	H3: El Desarrollo de un diseño experimental factorial 2^k , determinará la mejor formulación para la síntesis del papel piedra.	Concentración Temperatura Tiempo de secado	Diseño factorial 2^k Análisis ANOVA

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

2.3. Tipo y diseño de investigación

2.3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de carácter experimental cuantitativa, ya que se basa en el estudio de la materia prima como es el caso del carbonato de calcio, del cual se pretende obtener un papel con características similares al papel convencional por medio de dos métodos, mismos que al desarrollarse por distintas formulaciones otorgarán datos fiables para futuras investigaciones relacionadas con este tipo de materia prima.

2.3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental, puesto que se desarrollarán distintas formulaciones acordes a un diseño experimental factorial 2^k para la síntesis del papel piedra, en tanto a la obtención del quitosano se utilizará el método químico descrito por Hernández Cocolletzi et al., con ciertas variaciones. A continuación, se presenta el proceso general de la elaboración del papel piedra.

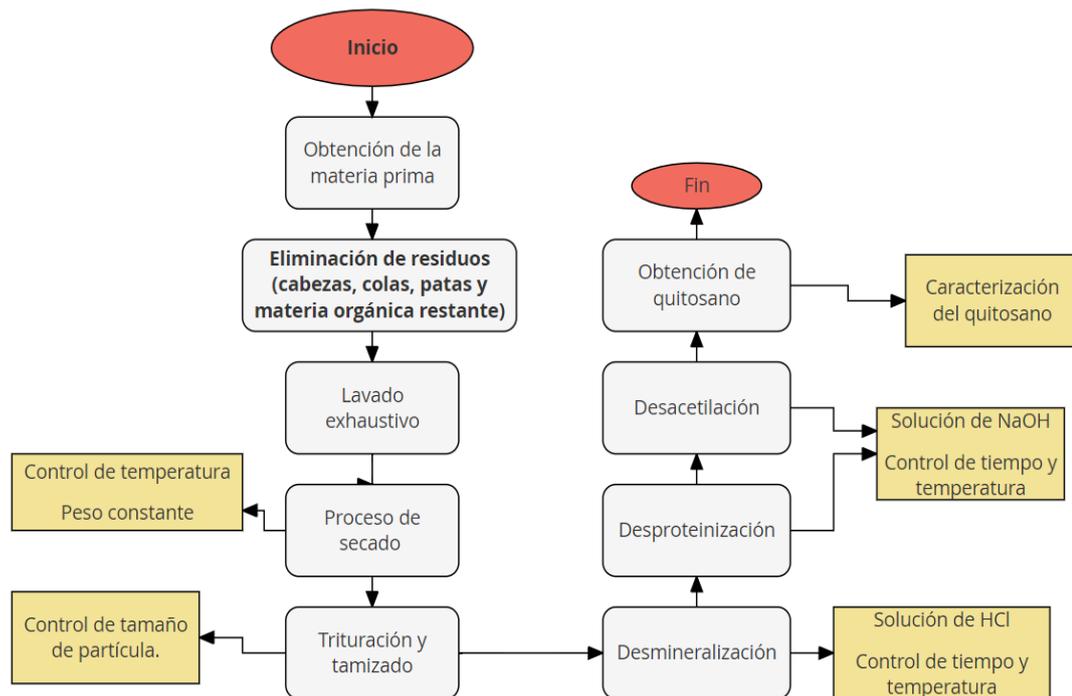


Gráfico 2-1. Diagrama de flujo de la obtención de quitosano

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Nota: En cada etapa del proceso se lavaron las muestras con abundante agua destilada hasta pH neutro.

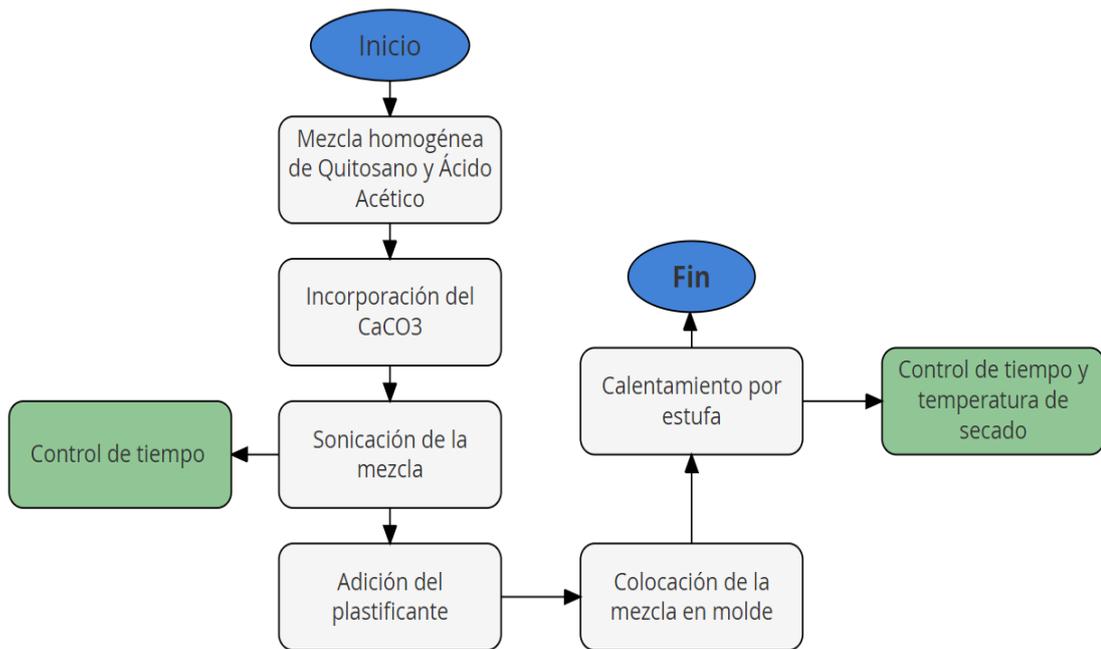


Gráfico 2-2. Método 1 de la síntesis de papel piedra

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

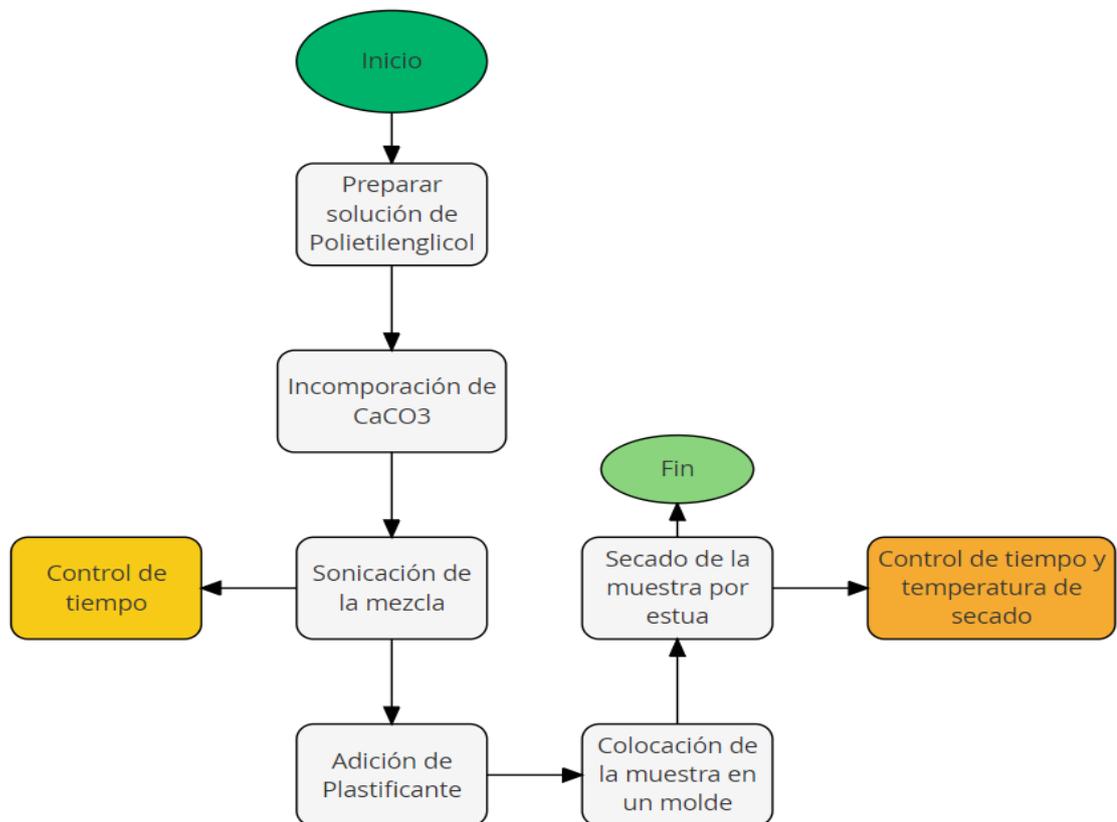


Gráfico 2-3. Método 2 de la síntesis de papel piedra

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

2.3.3. *Diseño de investigación: Factorial*

Se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurion en el desarrollo del diseño, con un modelo de cribado con diseño factorial 2^2 con 5 réplicas.

2.3.3.1. *Variables respuesta*

Tabla 2-4: Variables respuesta

Nombre	Unidades	Analizar	Objetivo	Desti no	Impacto	Sensibil idad	Bajo	Alto
Tensión	N/cm ²	Media	Maximizar		3,0	Medio	4,0	5,0
Elongación	%	Media	Minimizar		3,0	Medio	500,0	1100,0

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

2.3.3.2. *Factores experimentales*

Tabla 2-5: Factores experimentales

Nombre	Unidades	Tipo	Papel	Bajo	Alto	Niveles
A:Plastificante	g	Continuo	Controlable	0,025	0,058	
B:Temperatura de Secado	°C	Continuo	Controlable	30,0	50,0	

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

2.3.3.3. *Diseño experimental*

Tabla 2-6: Diseño del proceso

Tipo of	Diseño	Puntos Centrales	Punto Central	Diseño	Número de	Total
Factores	Tipo	Por Bloque	Colocación	Aleatorizado	Replicaciones	Ejecuciones
Proceso	Factorial 2^2	0	Espaciado	No	5	24

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Nota: Número de muestras por ejecución: 1

2.3.3.4. Modelo inicial a ajustar los resultados experimentales

Tabla 2-7: Modelo inicial a ajustarse

Factores	Modelo	Coefficientes	Efectos excluidos
Proceso	Interacciones de 2 factores	4	

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

2.3.3.5. Descripción de los equipos materiales, reactivos y materia prima

Los equipos y materiales utilizados para la presente investigación fueron provistos por el laboratorio de Química Orgánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, en cuanto a los reactivos empleados, en su mayoría fueron proporcionados por la misma Facultad, en el caso de la materia prima se obtuvo de la empresa Empacresi S.A. localizada en la ciudad de Durán.

➤ **Equipos:**

- Balanza analítica digital
- Estufa
- Mufla
- Agitador magnético con placa calefactora
- Sonificador

➤ **Materiales:**

- Vasos de precipitación: 1000 ml, 250 ml, 50 ml
- Varilla de agitación
- Probetas: 50 ml, 250 ml, 10 ml
- Termómetro
- Pipetas graduadas: 10 ml, 5 ml, 1 ml
- Magnetos
- Vidrio Reloj
- Balón de aforo: 25 ml, 10 ml
- Soporte universal
- Bureta: 50 ml
- Embudo buchner

- Kitasato
- Papel filtro
- Espátula

➤ **Reactivos:**

- Ácido Acético Glacial 100%
- Hidróxido de Sodio 98%
- Ácido Clorhídrico 37%
- Hipoclorito de Sodio
- Agua Destilada
- Citrato de Sodio
- Glicerina
- Alcohol Polivinílico

➤ **Materia Prima:**

- Cáscaras de camarón (*Litopenaeus vannamei*)
- Carbonato de Calcio tipo A

2.3.3.6. Pruebas experimentales

El diseño experimental factorial 2^k se desarrolló en base al objetivo de evaluar dos métodos en la obtención de papel piedra a base de carbonato de calcio. Las pruebas experimentales tienen como base la interacción de distintas condiciones de operación, con el fin de evaluar la mejor metodología de síntesis de papel.

2.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis de la presente investigación es el papel piedra obtenido por la síntesis de una red de carbonato de calcio y polímeros, mismo que será sometido a análisis físicos y mecánicos para determinar la calidad como alternativa al papel convencional.

2.5. Población de estudio

La población de estudio es el de la materia prima en conjunto, carbonato de calcio comercial y quitosano obtenido de las cáscaras de camarón (*Litopenaeus vannamei*) provisto de la ciudad de Durán de la empresa Empacreci S.A.

2.6. Tamaño de la muestra

Para el presente estudio se trabajará con ½ de CaCO₃ comercial y 60 g de cáscaras de camarón (*Litopenaeus vannamei*).

2.7. Selección de la muestra

Las cáscaras de camarón seleccionadas fueron en base a los siguientes criterios:

- Frescura de la materia prima
- Identificación que no exista mal olor

En tanto al CaCO₃, su obtención se basó de acuerdo a su pureza y color, es decir se adquirió CaCO₃ comercial de Tipo A, de la Botica Bristol ubicada en la ciudad de Riobamba.

2.8. Técnicas de recolección de datos

2.8.1. Quitosano

2.8.1.1. Obtención del quitosano

Tabla 2-8: Proceso de obtención del quitosano

OBTENCIÓN DE QUITSANO	
Obtención de la materia prima	<ul style="list-style-type: none">• Se lava y elimina los residuos de las cáscaras del camarón.• Los exoesqueletos obtenidos se secarán a una temperatura de 65° C en estufa hasta peso constate.• Se procede a trituración por molino y su posterior tamizado a un tamaño de partícula de 250 um.
Desmineralización	<ul style="list-style-type: none">• Se coloca de harina en un vaso de precipitación con una solución de HCl 0,5 N en relación 1:11 sólido-líquido.• Se somete la muestra a agitación magnética por un periodo de 3 horas a 30° C.• Finalmente se lava la muestra hasta pH neutro.

Despigmentación	<ul style="list-style-type: none"> • Se coloca la muestra en un vaso de precipitación con una solución de hipoclorito de sodio al 3% en relación 1:2 sólido-líquido. • Se lava la muestra des pigmentada hasta pH neutro.
Desproteización	<ul style="list-style-type: none"> • La muestra obtenida se coloca en un vaso de precipitación con 50 ml de una solución de NaOH al 1%. • Se deja en agitación constante a 30° C por un tiempo de 24 horas. • Se lava la muestra hasta pH neutro y se secó hasta peso constante a 40° C.
Desacetilación	<ul style="list-style-type: none"> • Se colocara la muestra en un vaso de precipitación con una solución de NaOH al 50% en relación 1:4 sólido-líquido. • Se somete a agitación a una temperatura de 60° C por 2 horas y luego a 100 ° C por 2 horas. • Se lava la muestra hasta pH neutro. • Finalmente se seca el quitosano obtenido a 40° C por 1 hora.

Fuente: (Hernández Cocoltzi et al., 2009).

2.8.2. Espectroscopía infrarroja

Tabla 2-9: Espectroscopía de infrarrojo

ESPECTROSCOPIA INFRARROJA
<p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encender el equipo. • Ejecutar el software Spectra Manager del ordenador. • Limpiar el área de muestra con algodón y alcohol. • Realizar el Background al verificar la ausencia de sustancia en el área de muestra, cerrar la tapa y presionar el botón Start. • Colocar la muestra de quitosano y realizar el barrido espectral, ajustando el tornillo hasta que muestre fricción, luego cerrar a tapa y presionar Start. • Utilizar el programa Spectra Analysis para procesar el espectro y eliminar los espectros de CO₂. • Identificar los picos más relevantes asignando límites de lectura. • Guardar los resultados del espectro en un documento Word. • Finalizar los programas ejecutados, limpiar el área de lectura del espectro y apagar el equipo.
<p>Resultados esperados:</p> <p>Al trabajar en un rango de frecuencia de 450 a 4000 cm⁻¹ se espera obtener una lectura de los espectros típicos de los grupos funcionales del quitosano, como lo son; bandas de N-H, grupos hidroxilos, bandas de C-H, entre otros.</p>

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

2.8.3. Determinación de residuos por calcinación

Tabla 2-10: Determinación de ceniza del quitosano

DETERMINACIÓN DE CENIZA
Procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> • Se pesa en un crisol o cápsula previamente seca (peso constante), 1 g de muestra. • Colocar en la mufla a una temperatura de 800 °C. • Calcinar por 6 horas. • Retirar la cápsula y enfriar en el desecador. • Pesarse la muestra y obtener el porcentaje de ceniza.
Materiales y equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Vidrio Reloj • Cápsula de porcelana • Pinza • Balanza analítica • Mufla • Desecador
Fórmula-porcentaje de ceniza: $C = \frac{m_{cc} - m_{cv}}{m_{cm} - m_{cv}} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>C = Porcentaje de ceniza</p> <p>m_{cc} = masa de la cápsula con ceniza</p> <p>m_{cv} = masa de la cápsula vacía</p> <p>m_{cm} = masa de la cápsula con muestra</p>

Fuente: (Hernández Cocolletzi et al., 2009).

2.8.4. Determinación de humedad

Tabla 2-11: Determinación de humedad del quitosano

PORCENTAJE DE HUMEDAD
Procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> • Pesarse 2 g de muestra en una cápsula previamente seca y pesada. • Colocar en una estufa a una temperatura de 105 °C. • Dejar la muestra en la estufa por 24 horas. • Sacar la muestra y dejarla en el desecador. • Pesarse la cápsula y calcular el porcentaje obtenido.
Fórmula para el cálculo $P_H = \frac{m_{c-q} - m_{c-c}}{m_{c-q} - m_{c-v}} \times 100$

<p>Dónde:</p> <p>P_H = Porcentaje de humedad</p> <p>m_{c-q} = masa de la cápsula con muestra de quitosano</p> <p>m_{c-c} = masa de la cápsula con ceniza</p> <p>m_{c-v} = masa de la cápsula vacía</p>
--

Fuente: (Hernández Cocoletzi et al., 2009).

2.8.5. Solubilidad del quitosano

Tabla 2-12: Determinación de materia insoluble del quitosano

DETERMINACIÓN DE MATERIA INSOLUBLE
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> • Disolver quitosano 0.5% (p/v) en una solución de ácido acético 0.1 M. • Aplicar agitación constante de 200 rpm durante 24 horas. • Filtrar la muestra con papel filtro. • Secar en estufa hasta peso constante a 40°C.
Fórmula para el cálculo
$S = \frac{m_0 - m_f}{m_0} \times 100$ <p>Dónde:</p> <p>S = Porcentaje de materia soluble</p> <p>m_0 = masa inicial seca de quitosano</p> <p>m_f = masa final seca de quitosano</p>

Fuente: (Hernández Cocoletzi et al., 2009).

2.8.6. Determinación potenciométrica

Tabla 2-13: Determinación potenciométrica

DETERMINACIÓN POTENCIOMÉTRICA
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> • Disolver el quitosano con exceso de HCl • Valorar la solución con NaOH • Se obtiene así una curva de pH vs ml NaOH • Determinar la concentración de grupos aminos protonados, mediante la siguiente fórmula:
Fórmula para el cálculo:
$\% NH_2 = \frac{16.1(y - x)}{w} f$ <p>Dónde:</p> <p>$\% NH_2$ = Porcentaje de nitrógeno</p>

<p> y = punto de inflexión mayor x = punto de inflexión menor w = molaridad de la solución de NaOH f = masa (g) de la muestra 16.1 = factor asociado al tipo de proteína (cereal) </p>
<p>Resultado esperado: El grado de desacetilación obtenido debe ser mayor o igual al 60%, cuyo valor es el que se oferta en el mercado para el quitosano comercial.</p>

Fuente: (Hernández Cocoletzi et al., 2009).

2.8.7. *Papel Piedra*

2.8.7.1. *Propiedades de tracción*

Tabla 2-14: Determinación de pruebas de tracción del papel

MÉTODO PARA DETERMINAR PROPIEDADES DE TRACCIÓN
PRUEBA DE ELONGACIÓN
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> • Se realizan muestras de probetas por triplicado o más, con las siguientes medidas: 7,0 cm de largo y 2,5 cm de ancho. • Se someten las muestras a deformación por tensión, con el uso de las mordazas de las máquinas de ensayo. • Se aprietan las mordazas firmemente con el fin de minimizar el deslizamiento durante el ensayo.
Fórmula del cálculo de elongación
$\%_{elongación} = \frac{L}{L_o} \times 100$ <p>Dónde: L = largo final de la probeta sometida a estiramiento L_o = largo inicial de la probeta</p>
RESISTENCIA A LA ROTURA
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> • Se someten las probetas a una fuerza (N) mediante las mordazas de la máquina de ensayo. • Se leen los resultados de fuerza aplicada hasta el momento de rotura de las muestras.

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Datos

3.1.1. Método de la obtención del quitosano

Para la obtención del quitosano se empleó la metodología descrita por Hernández Cocolletzi et al., (2009) con ligeras modificaciones, descritas en la siguiente tabla.

Tabla 3-1: Método de obtención del quitosano

Procedimiento	Condiciones del proceso			
	Temperatura de Secado	Triturado	Tamizado	Tiempo de secado
Obtención de la materia prima	65°C	Molino Corona	250 um	Peso constante
Desmineralización	Sol. HCl		Temperatura	Tiempo de homogenización
	0,5 N		30°C	3 h
Despigmentación	Hipoclorito de Sodio		Tiempo	
	3%		30 min	
Desproteínización	Sol. NaOH	Temperatura	Tiempo de homogenización	
	1%	30°C	24 h	
Desacetilación	Sol. NaOH		Temperatura	
	50%		1) 60 °C/2 h	
			2) 100 °C/2h	

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Nota: Al finalizar cada proceso, se conlleva al lavado de la muestra hasta pH neutro.

3.1.2. Datos obtenidos del proceso de obtención de quitosano

La siguiente tabla detalla los pesos obtenidos de cada proceso que conlleva la extracción del quitosano, desde el peso mismo del polvo o harina del exoesqueleto del camarón, hasta el compuesto deseado.

Tabla 3-2: Datos obtenidos del proceso de obtención del quitosano

Proceso	Peso (g)
Molienda	33,517
Desmineralización	13,83
Desproteínización	
Desacetilación	12,411

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.1.3. Datos de la titulación potenciométrica del quitosano

Tabla 3-3: Datos obtenidos de la titulación potenciométrica

V (ml)	Ph	V promedio	ΔpH	ΔV	$\Delta\text{pH}/\Delta V$	$\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)$
0	5,25	0,25	0,01	0,5	0,02	0,14
0,5	5,26	0,75	0,08	0,5	0,16	-0,16
1	5,34	1,25	0	0,5	0	0,08
1,5	5,34	1,75	0,04	0,5	0,08	0
2	5,38	2,25	0,04	0,5	0,08	0
2,5	5,42	2,75	0,04	0,5	0,08	-0,08
3	5,46	3,25	0	0,5	0	0,1
3,5	5,46	3,75	0,05	0,5	0,1	0,04
4	5,51	4,25	0,07	0,5	0,14	0
4,5	5,58	4,75	0,07	0,5	0,14	-0,12
5	5,65	5,25	0,01	0,5	0,02	0,06
5,5	5,66	5,75	0,04	0,5	0,08	0,12
6	5,7	6,25	0,1	0,5	0,2	-0,18
6,5	5,8	6,75	0,01	0,5	0,02	1,7764E-15
7	5,81	7,25	0,01	0,5	0,02	0,02
7,5	5,82	7,75	0,02	0,5	0,04	-0,04
8	5,84	8,25	0	0,5	0	0,6
8,5	5,84	8,75	0,3	0,5	0,6	-0,42
9	6,14	9,25	0,09	0,5	0,18	-0,14
9,5	6,23	9,75	0,02	0,5	0,04	0,06
10	6,25	10,25	0,05	0,5	0,1	-0,1
10,5	6,3	10,75	0	0,5	0	0,08
11	6,3	11,25	0,04	0,5	0,08	0,08
11,5	6,34	11,75	0,08	0,5	0,16	-0,06

12	6,42	12,25	0,05	0,5	0,1	-0,02
12,5	6,47	12,75	0,04	0,5	0,08	-0,08
13	6,51	13,25	0	0,5	0	0
13,5	6,51	13,75	0	0,5	0	0,02
14	6,51	14,25	0,01	0,5	0,02	0,1
14,5	6,52	14,75	0,06	0,5	0,12	-0,04
15	6,58	15,25	0,04	0,5	0,08	0
15,5	6,62	15,75	0,04	0,5	0,08	0
16	6,66	16,25	0,04	0,5	0,08	0,02
16,5	6,7	16,75	0,05	0,5	0,1	0
17	6,75	17,25	0,05	0,5	0,1	-0,02
17,5	6,8	17,75	0,04	0,5	0,08	-0,04
18	6,84	18,25	0,02	0,5	0,04	-1,7764E-15
18,5	6,86	18,75	0,02	0,5	0,04	0,04
19	6,88	19,25	0,04	0,5	0,08	-0,08
19,5	6,92	19,75	0	0,5	0	0,08
20	6,92	20,25	0,04	0,5	0,08	-0,08
20,5	6,96	20,75	0	0,5	0	0,2
21	6,96	21,25	0,1	0,5	0,2	-0,1
21,5	7,06	21,75	0,05	0,5	0,1	-0,1
22	7,11	22,25	0	0,5	0	0
22,5	7,11	22,75	0	0,5	0	0,08
23	7,11	23,25	0,04	0,5	0,08	0,04
23,5	7,15	23,75	0,06	0,5	0,12	0,14
24	7,21	24,25	0,13	0,5	0,26	0,56
24,5	7,34	24,75	0,41	0,5	0,82	-0,22
25	7,75	25,25	0,3	0,5	0,6	2,62
25,5	8,05	25,75	1,61	0,5	3,22	-2,08
26	9,66	26,25	0,57	0,5	1,14	0,32
26,5	10,23	26,75	0,73	0,5	1,46	-0,42
27	10,96	27,25	0,52	0,5	1,04	-1,14
27,5	11,48	27,75	-0,05	0,5	-0,1	0,66
28	11,43	28,25	0,28	0,5	0,56	-0,32
28,5	11,71	28,75	0,12	0,5	0,24	-0,04
29	11,83	29,25	0,1	0,5	0,2	0,06

29,5	11,93	29,75	0,13	0,5	0,26	-0,1
30	12,06	30,25	0,08	0,5	0,16	0
30,5	12,14	30,75	0,08	0,5	0,16	-0,08
31	12,22	31,25	0,04	0,5	0,08	0,06
31,5	12,26	31,75	0,07	0,5	0,14	-0,02
32	12,33	32,25	0,06	0,5	0,12	-0,12
32,5	12,39	32,75	0	0,5	0	0,08
33	12,39	33,25	0,04	0,5	0,08	0,04
33,5	12,43	33,75	0,06	0,5	0,12	-0,12
34	12,49	34,25	0	0,5	0	0,12
34,5	12,49	34,75	0,06	0,5	0,12	-0,1
35	12,55	35,25	0,01	0,5	0,02	0,04
35,5	12,56	35,75	0,03	0,5	0,06	-0,06
36	12,59	36,25	0	0,5	0	0
36,5	12,59	36,75	0	0,5	0	0,06
37	12,59	37,25	0,03	0,5	0,06	-0,06
37,5	12,62	37,75	0	0,5	0	0,08
38	12,62	38,25	0,04	0,5	0,08	-0,02
38,5	12,66	38,75	0,03	0,5	0,06	0,02
39	12,69	39,25	0,04	0,5	0,08	-0,08
39,5	12,73	39,75	0	0,5	0	0
40	12,73					

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.1.4. Datos obtenidos del análisis infrarrojo

Tabla 3-4 Datos obtenidos del análisis infrarrojo

Wavenumber [cm-1]	%T
3409.53	898.138
2851.24	954.222
1601.59	965.095
1420.32	971.132
1373.07	969.345
1147.44	96.868
1078.98	912.241

1066.44	910.085
1026.91	910.983
988.339	921.437
900.594	962.162
606.503	971.579

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.1.5. Datos obtenidos de los parámetros físico-químicos del quitosano

Tabla 3-5: Datos obtenidos de los parámetros físico-químicos del quitosano

No.	PARÁMETROS		
	1	Humedad	Peso inicial
		100,274	100,174
2	Ceniza	Peso inicial	Peso final
		41,256	40,262
3	Grado de desacetilación	Pto. De inflexión menor	Pto. De inflexión mayor
		6,75	25,75
4	Solubilidad	Peso inicial	Peso final
		0,503	0,496

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Nota: los datos corresponden al promedio de 2 repeticiones de cada parámetro a excepción del grado de desacetilación, donde solo se ejecutó una repetición.

3.1.6. Formulaciones preliminares en la elaboración del papel piedra

3.1.6.1. Determinación de la concentración de materia prima: CaCO₃ y quitosano

Tabla 3-6: Determinación de la concentración de materia prima: CaCO₃ y quitosano

	CaCO ₃ (g)	Quitosano (g)	Plastificante	Ácido	Factibilidad de moldeo	Estabilidad	Apariencia
1	14,825	0,25	1,725 g Citrato de Sodio	6,21 ml A. Acético 1%	SI	NO	NO
2	14,825	0,25	1,725 g Citrato de Sodio	8,2 ml A. Acético 1%	SI	NO	NO

3	14,825	0,25	1,725 g Citrato de Sodio	25 ml A. Acético 1%	SI	NO	NO
4	1,0	0,25	1,0 g Citrato de Sodio	10 ml A. Acético 1%	SI	NO	SI
5	1,0	0,25	1,0 g Citrato de Sodio	25 ml A. Acético 1%	SI	NO	SI
6	2,0	0,25	1,0 g Citrato de Sodio	25 ml A. Acético 1%	SI	NO	SI
7	2,0	0,25	2,0 g Citrato de Sodio	25 ml A. Acético 1%	SI	NO	NO
8	1,0	0,5	0,5 g Citrato de Sodio	20 ml HCl 0,3 M	SI	NO	NO
9	1,0	0,5	0,5 g Citrato de Sodio	10 ml HCl 0,3 M	SI	NO	NO
10	1,0	0,569	0,1163 g Citrato de Sodio	25 ml A. Acético 1%	SI	NO	SI
11	1,0	0,5	5,0 ml Glicerina	40 ml A. Acético 1%	SI	NO	SI
12	0,5	0,284	0,5 ml Glicerina	15 ml A. Acético 1%	SI	NO	NO
13	0,5	0,284	1,0 ml Glicerina	40 ml A. Acético 1%	SI	SI	SI
14	0,5	0,284	0,05815 g Citrato de Sodio	15 ml A. Acético 1%	SI	NO	SI

15	0,5	0,284	0,05815 g Citrato de Sodio	10 ml A. Acético 1%	SI	SI	SI
----	-----	-------	----------------------------------	------------------------------	----	----	----

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.1.6.2. Determinación de la concentración de materia prima: CaCO₃ y polietilenglicol

Tabla 3-7: Determinación de la concentración de materia prima: CaCO₃ y polietilenglicol

	CaCO ₃ (g)	Polietilenglicol(g)	Plastificante	Agua (ml)	Factibilidad de moldeo	Estabilizado	Apariencia
1	4,0	8,83	0,875 g Citrato de Sodio	4,0	SI	NO	NO
2	5,0	8,83	0,875 g de Citrato de Sodio	5,0	SI	NO	NO
3	5,0	8,83	1,16 g de Citrato de Sodio	5,0	SI	NO	NO
4	5,0	4,0	5,0 ml Glicerina	4,0	SI	NO	NO
5	5,0	5,0	5,0 ml Glicerina	5,0	SI	NO	NO
6	2,25	2,0	0,1 ml Glicerina.	1,0	SI	NO	NO
7	2,25	2,0	0,2 g Citrato de Sodio	1,0	SI	NO	NO

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.1.7. Determinación de la concentración del tipo de plastificante y temperatura de secado

3.1.7.1. Método 1: CaCO₃ y quitosano

Para la síntesis del papel piedra, se realizaron varios ensayos preliminares, donde se mantuvo constante las cantidades de la materia prima; quitosano y carbonato de calcio y de igual manera la concentración y volumen de ácido acético empleado para la disociación del quitosano, 1% y 40 ml respectivamente, por tanto, se varió las concentraciones de plastificante y temperatura de secado y de esta manera establecer las formulaciones con mejores características.

Tabla 3-8: Determinación de la concentración del tipo de plastificante y temperatura de secado: método 1

Formulación	Quitosano (g)	CaCO ₃ (g)	Plastificante		Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Observaciones
1	0,284	0,5	Glicerina.	1,0 ml	30	6	Resistente, aspecto bajo, poco flexible, sin grumos (plástico).
2	0,284	0,5	Glicerina.	0,5 ml	30	6	Resistente, flexible, ligero aspecto a plástico, sin grumos.
3	0,284	0,5	Glicerina.	0,25 ml	30	6	Resistente, aspecto bajo, poco flexible, sin grumos
4	0,284	0,5	Glicerina.	1,0 ml	40	6	Resistente, flexible, buen aspecto, poco grumoso.
5	0,284	0,5	Glicerina.	0,5 ml	40	6	Resistente, flexible, sin grumos, buen aspecto (plástico).
6	0,284	0,5	Glicerina.	0,25 ml	40	6	Resistente, flexible, poco grumoso, aspecto medio.
7	0,284	0,5	Glicerina.	1,0 ml	50	6	Resistente, aspecto bajo, poco flexible, sin grumos
8	0,284	0,5	Glicerina.	0,5 ml	50	6	Resistente, flexible, sin grumos, buen aspecto (plástico)
9	0,284	0,5	Glicerina.	0,25 ml	50	6	Resistente, poco flexible, poco grumoso, aspecto medio.
10	0,284	0,5	Citrato de Sodio.	0,058 g	30	6	Resistente, aspecto bajo, poco flexible, sin grumos
11	0,284	0,5	Citrato de Sodio.	0,025 g	30	6	Frágil, flexible, grumoso, bajo aspecto.
12	0,284	0,5	Citrato de Sodio.	0,040 g	30	6	Frágil, flexible, grumoso, aspecto medio.
13	0,284	0,5	Citrato de Sodio.	0,058 g	40	6	Poco resistente, aspecto bajo, poco flexible, sin grumos.

14	0,284	0,5	Citrato de Sodio.	0,025 g	40	6	Frágil, buen aspecto, flexible, poco grumoso.
15	0,284	0,5	Citrato de Sodio.	0,040 g	40	6	Frágil, flexible, grumoso, aspecto medio.
16	0,284	0,5	Citrato de Sodio.	0,058 g	50	6	Resistente, poco flexible, medio grumoso, buen aspecto.
17	0,284	0,5	Citrato de Sodio.	0,025 g	50	6	Resistente, poco flexible, poco grumoso, buen aspecto,
18	0,284	0,5	Citrato de Sodio.	0,040 g	50	6	Resistente, buen aspecto, poco flexible, poco grumoso.
19	0,284	0,5	Alcohol Polivinílico	0,058 g	30	6	Resistente, flexible, aspecto (plástico), disociación incompleta del plastificante
20	0,284	0,5	Alcohol Polivinílico	0,025 g	30	6	Poco resistente, flexible, disociación incompleta del plastificante, aspecto medio.
21	0,284	0,5	Alcohol Polivinílico	0,040 g	30	6	Resistencia media, poco flexible, disociación incompleta del plastificante, aspecto medio.
22	0,284	0,5	Alcohol Polivinílico	0,058 g	40	6	Resistente, flexible, aspecto (plástico), disociación incompleta del plastificante
23	0,284	0,5	Alcohol Polivinílico	0,025 g	40	6	Poco resistente, flexible, disociación incompleta del plastificante, aspecto medio.
24	0,284	0,5	Alcohol Polivinílico	0,040 g	40	6	Resistencia media, poco flexible, disociación incompleta del plastificante, aspecto medio.

25	0,284	0,5	Alcohol Polivinílico	0,058 g	50	6	Resistente, flexible, aspecto (plástico), disociación incompleta del plastificante
26	0,284	0,5	Alcohol Polivinílico	0,025 g	50	6	Poco resistente, flexible, disociación incompleta del plastificante, aspecto medio.
27	0,284	0,5	Alcohol Polivinílico	0,040 g	50	6	Resistencia media, poco flexible, disociación incompleta del plastificante, aspecto medio.
28	0,284	0,5	Ácido Láctico.	1,0 ml	30	6	Buena resistencia, aspecto translúcido, poco grumoso, flexible.
29	0,284	0,5	Ácido Láctico.	0,5 ml	30	6	Resistente, aspecto translúcido, poco grumoso, flexible.
30	0,284	0,5	Ácido Láctico.	0,25 ml	30	6	Poca resistencia, aspecto opaco, poco grumoso, flexible.
31	0,284	0,5	Ácido Láctico.	1,0 ml	40	6	Buena resistencia, aspecto translúcido, poco grumoso, flexible.
32	0,284	0,5	Ácido Láctico.	0,5 ml	40	6	Resistente, aspecto translúcido, poco grumoso, flexible.
33	0,284	0,5	Ácido Láctico.	0,25 ml	40	6	Poca resistencia, aspecto opaco, poco grumoso, flexible.
34	0,284	0,5	Ácido Láctico.	1,0 ml	50	6	Buena resistencia, aspecto translúcido, poco grumoso, flexible.
35	0,284	0,5	Ácido Láctico.	0,5 ml	50	6	Resistente, aspecto translúcido, poco grumoso, flexible.
36	0,284	0,5	Ácido Láctico.	0,25 ml	50	6	Poca resistencia, aspecto opaco, poco grumoso, flexible.

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

La tabla 3-8 muestra los resultados cualitativos de las formulaciones del papel obtenido a diferentes concentraciones de plastificantes y temperaturas de secado. Para el caso del método 1 se optó por los resultados obtenidos con citrato de sodio para la realización del diseño factorial.

3.1.7.2. Método 2: CaCO₃ y polietilenglicol

Para el segundo método, se evaluaron las distintas formulaciones en condiciones similares de concentración, temperatura y tiempo de secado.

Tabla 3-9: Determinación de la concentración del tipo de plastificante y temperatura de secado: método 2

Formulación.	Polietilenglicol. (2g/ml)	CaCO ₃ (g)	Plastificante		Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Observaciones
1	1,5 ml	2,25	Glicerina.	0,1 ml	60	6	Resultados nulos
2	1,5 ml	2,25	Glicerina.	0,5 ml	60	6	Resultados nulos
3	1,5 ml	2,25	Glicerina.	0,25 ml	60	6	Resultados nulos
4	1,5 ml	2,25	Glicerina.	0,1 ml	70	6	Resultados nulos
5	1,5 ml	2,25	Glicerina.	0,5 ml	70	6	Resultados nulos
6	1,5 ml	2,25	Glicerina.	0,25 ml	70	6	Resultados nulos
7	1,5 ml	2,25	Glicerina.	0,1 ml	80	6	Resultados nulos
8	1,5 ml	2,25	Glicerina.	0,5 ml	80	6	Resultados nulos
9	1,5 ml	2,25	Glicerina.	0,25 ml	80	6	Resultados nulos
10	1,5 ml	2,25	Citrato de Sodio.	0,2 g	60	6	Resultados nulos
11	1,5 ml	2,25	Citrato de Sodio.	0,1 g	60	6	Resultados nulos
12	1,5 ml	2,25	Citrato de Sodio.	0,5 g	60	6	Resultados nulos
13	1,5 ml	2,25	Citrato de Sodio.	0,2 g	70	6	Resultados nulos
14	1,5 ml	2,25	Citrato de Sodio.	0,1 g	70	6	Resultados nulos
15	1,5 ml	2,25	Citrato de Sodio.	0,5 g	70	6	Resultados nulos

16	1,5 ml	2,25	Citrato de Sodio.	0,2 g	80	6	Resultados nulos
17	1,5 ml	2,25	Citrato de Sodio.	0,1 g	80	6	Resultados nulos
18	1,5 ml	2,25	Citrato de Sodio.	0,5 g	80	6	Resultados nulos
19	1,5 ml	2,25	Alcohol Polivinílico	0,2 g	60	6	Resultados nulos
20	1,5 ml	2,25	Alcohol Polivinílico	0,1 g	60	6	Resultados nulos
21	1,5 ml	2,25	Alcohol Polivinílico	0,5 g	60	6	Resultados nulos
22	1,5 ml	2,25	Alcohol Polivinílico	0,2 g	70	6	Resultados nulos
23	1,5 ml	2,25	Alcohol Polivinílico	0,1 g	70	6	Resultados nulos
24	1,5 ml	2,25	Alcohol Polivinílico	0,5 g	70	6	Resultados nulos
25	1,5 ml	2,25	Alcohol Polivinílico	0,2 g	80	6	Resultados nulos
26	1,5 ml	2,25	Alcohol Polivinílico	0,1 g	80	6	Resultados nulos
27	1,5 ml	2,25	Alcohol Polivinílico	0,5 g	80	6	Resultados nulos
28	1,5 ml	2,25	Ácido Láctico.	1,0 ml	60	6	Resultados nulos
29	1,5 ml	2,25	Ácido Láctico.	0,5 ml	60	6	Resultados nulos
30	1,5 ml	2,25	Ácido Láctico.	0,25 ml	60	6	Resultados nulos
31	1,5 ml	2,25	Ácido Láctico.	1,0 ml	70	6	Resultados nulos
32	1,5 ml	2,25	Ácido Láctico.	0,5 ml	70	6	Resultados nulos
33	1,5 ml	2,25	Ácido Láctico.	0,25 ml	70	6	Resultados nulos
34	1,5 ml	2,25	Ácido Láctico.	1,0 ml	80	6	Resultados nulos

35	1,5 ml	2,25	Ácido Láctico.	0,5 ml	80	6	Resultados nulos
36	1,5 ml	2,25	Ácido Láctico.	0,25 ml	80	6	Resultados nulos

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

La tabla 3-9 muestra las distintas formulaciones planteadas, sin embargo, los resultados fueron totalmente nulos respecto a las características que se pretendían conseguir para este método, por lo cual se descartó en su totalidad y por ende su nulo diseño factorial.

3.1.8. Datos obtenidos de las pruebas de tracción del método 1: CaCO₃ y quitosano, de las formulaciones de citrato de sodio

Las pruebas de tracción se efectuaron a las mejores formulaciones obtenidas en la Tabla, cuyo caso corresponde a los distintos rangos del plastificante (Citrato de Sodio) y temperatura establecidos en el diseño factorial, en adición; dichas pruebas se realizaron en el laboratorio de Fibras y Curtiembres de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

3.1.8.1. Formulación 1: 0,058 g citrato de sodio – 50 °C

Tabla 3-10: Datos de tracción obtenidos de la formulación 1

Repetición	Fuerza	Calibre	Medida Inicial	Medida Final
1	118,6	0,070	0,268	0,278
2	156,0	0,070	0,271	0,282
3	86,5	0,070	0,269	0,275
4	86,2	0,080	0,274	0,284
5	110,4	0,080	0,277	0,280
6	97,5	0,070	0,273	0,277

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.1.8.2. *Formulación 2: 0,058 g citrato de sodio – 30 °C*

Tabla 3-11: Datos de tracción obtenidos de la formulación 2

Repetición	Fuerza	Calibre	Medida Inicial	Medida Final
1	83,4	0,070	0,271	0,278
2	78,2	0,080	0,274	0,284
3	65,4	0,070	0,270	0,274
4	65,5	0,080	0,271	0,274
5	52,1	0,080	0,273	0,280
6	67,4	0,080	0,280	0,287

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.1.8.3. *Formulación 3: 0,025g citrato de sodio – 50 °C*

Tabla 3-12: Datos de tracción obtenidos de la formulación 3

Repetición	Fuerza	Calibre	Medida Inicial	Medida Final
1	42,4	0,080	0,269	0,276
2	39,4	0,080	0,277	0,290
3	35,7	0,080	0,267	0,281
4	44,1	0,090	0,272	0,282
5	36,8	0,080	0,274	0,285
6	41,9	0,090	0,268	0,281

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.1.8.4. *Formulación 4: 0,025g citrato de sodio – 30 °C*

Tabla 3-13: Datos de tracción obtenidos de la formulación 4

Repetición	Fuerza	Calibre	Medida Inicial	Medida Final
1	31,5	0,070	0,280	0,287
2	20,5	0,080	0,274	0,276
3	20,3	0,070	0,270	0,275
4	23,5	0,070	0,272	0,276
5	27,7	0,080	0,269	0,275
6	26,5	0,080	0,273	0,279

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.1.9. Datos del diseño factorial

	BLOQUE	Plastificante	Temperatura de Secado	Tensión	Elongación
		g	°C	N/cm ²	%
1	1	0,025	30,0	300,000	10,0
2	1	0,058	30,0	794,286	10,0
3	1	0,025	50,0	353,333	10,0
4	1	0,058	50,0	1129,524	14,3
5	2	0,025	30,0	170,833	2,9
6	2	0,058	30,0	651,667	14,3
7	2	0,025	50,0	328,333	18,6
8	2	0,058	50,0	1485,714	15,7
9	3	0,025	30,0	193,333	7,1
10	3	0,058	30,0	622,857	5,7
11	3	0,025	50,0	297,500	20,0
12	3	0,058	50,0	823,810	8,6
13	4	0,025	30,0	223,810	5,7
14	4	0,058	30,0	545,833	4,3
15	4	0,025	50,0	326,667	14,3
16	4	0,058	50,0	718,333	14,3
17	5	0,025	30,0	230,833	8,6
18	5	0,058	30,0	434,167	10,0
19	5	0,025	50,0	306,667	15,7
20	5	0,058	50,0	920,000	4,3
21	6	0,025	30,0	220,833	8,6
22	6	0,058	30,0	561,667	10,0
23	6	0,025	50,0	310,370	18,6
24	6	0,058	50,0	928,571	5,7

Gráfico 3-1. Libro de datos del diseño factorial

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Plastificante	Temperatura de Secado	Elongación	Tensión	Col_6	Col_7	Col_8
g	°C	%	N/cm ²			
0,025	30,0	10,0	300,000			
0,058	30,0	10,0	794,286			
0,025	50,0	10,0				
0,058	50,0	14,3				
0,025	30,0	2,9				
0,058	30,0	14,3				
0,025	50,0	18,6				
0,058	50,0	15,7				
0,025	30,0	7,1				
0,058	30,0	5,7				
0,025	50,0	20,0				
0,058	50,0	8,6				
0,025	30,0	5,7				
0,058	30,0	4,3				
0,025	50,0	14,3				
0,058	50,0	14,3	718,333			
0,025	30,0	8,6	230,833			
0,058	30,0	10,0	434,167			

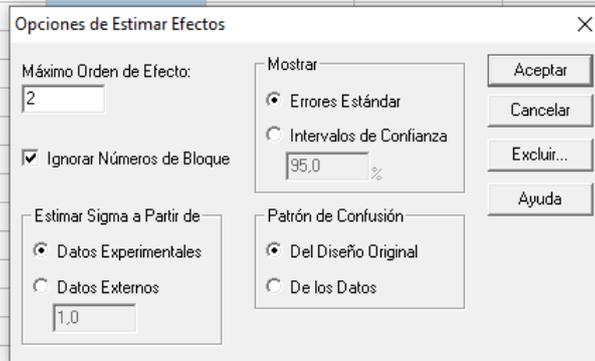


Gráfico 3-2. Modelo y orden del diseño factorial

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.2. Cálculos

3.2.1. Cálculos de la materia prima

3.2.1.1. Cálculo del rendimiento de la quitina obtenida

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Peso de la quitina obtenida}}{\text{Peso inicial de la harina de camarón}} * 100$$

Ecuación 3-1: Rendimiento de la quitina

$$\%Rendimiento = \frac{13,83 \text{ g}}{33,571 \text{ g}} * 100$$

$$\%Rendimiento = 41,19\%$$

3.2.1.2. Cálculo del rendimiento del quitosano obtenido

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Peso del quitosano obtenido}}{\text{Peso inicial de la harina de camarón}} * 100$$

Ecuación 3-2: Rendimiento del quitosano

$$\%Rendimiento = \frac{12,411 \text{ g}}{33,517 \text{ g}} * 100$$

$$\%Rendimiento = 37,02 \%$$

3.2.1.3. Cálculo del porcentaje de humedad del quitosano obtenido

$$P_H = \frac{m_{c-q} - m_{c-c}}{m_{c-q} - m_{c-v}} \times 100$$

Dónde:

P_H = Porcentaje de humedad

m_{c-q} = masa de la cápsula con muestra de quitosano

m_{c-c} = masa de la cápsula con ceniza

m_{c-v} = masa de la cápsula vacía

Ecuación 3-3: Porcentaje de humedad

$$P_H = \frac{100.274 - 100.174}{100.274 - 99.274} \times 100$$

$$P_H = 10\%$$

3.2.1.4. Cálculo del porcentaje de ceniza del quitosano obtenido

$$C = \frac{m_{cc} - m_{cv}}{m_{cm} - m_{cv}} \times 100$$

Donde:

C = Porcentaje de ceniza

m_{cc} = masa de la cápsula con ceniza

m_{cv} = masa de la cápsula vacía

m_{cm} = masa de la cápsula con muestra

Ecuación 3-4: Porcentaje de ceniza

$$C = \frac{40.262 - 40.256}{41.256 - 40.256} \times 100$$

$$C = 0.6\%$$

3.2.1.5. Cálculo del porcentaje de solubilidad del quitosano

$$S = \frac{m_0 - m_f}{m_0} \times 100$$

Dónde:

S = Porcentaje de materia soluble

m_0 = masa inicial seca de quitosano

m_f = masa final seca de quitosano

Ecuación 3-5: Porcentaje de solubilidad

$$S = \frac{0.503 - 0.496}{0.503} \times 100$$

$$S = 1.39$$

3.2.1.6. Cálculo del grado de desacetilación del quitosano por titulación potenciométrica

$$\% NH_2 = \frac{16.1(y - x)}{w} f$$

Dónde:

$\% NH_2$ = Porcentaje de nitrógeno

y = punto de inflexión mayor

x = punto de inflexión menor

w = molaridad de la solución de NaOH

f = masa (g) de la muestra

16.1 = factor asociado al tipo de proteína (cereal)

Ecuación 3-7: Grado de desacetilación

$$\% NH_2 = \frac{16.1(25,75 - 6,75)}{0.5} \times 0.1$$

$$\% NH_2 = 56\%$$

3.2.1.7. Cálculo del porcentaje de nitrógeno del quitosano

Ecuación 3-8: Porcentaje de nitrógeno

$$\% N = \frac{\% \text{ Proteína}}{6,25}$$

$$\% N = \frac{14,48}{6,25}$$

$$\% N = 2,3168$$

3.3. Resultados

3.3.1. Rendimientos obtenidos de quitina y quitosano

Tabla 3-14: Rendimientos obtenidos de quitina y quitosano

No.	PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA
1	Quitina	%	41,19	- (Hernández Cocoltzi et al., 2009)
2	Quitosano	%	37,02	51,94 (Hernández Cocoltzi et al., 2009)

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.3.2. Bandas de absorción del espectro infrarrojo del quitosano

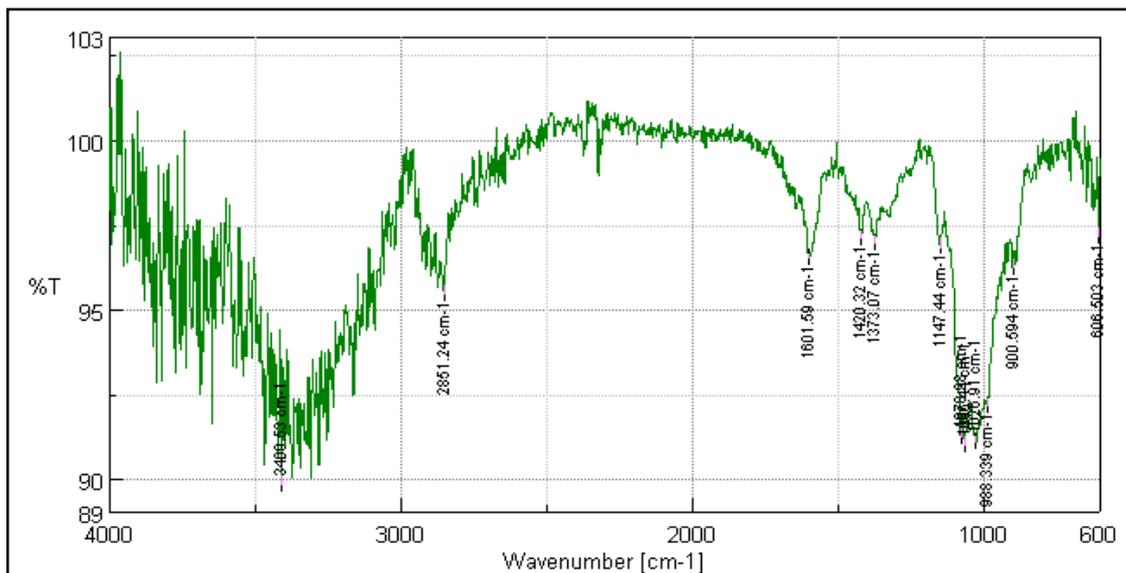


Gráfico 3-3. Bandas de absorción del análisis IR

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

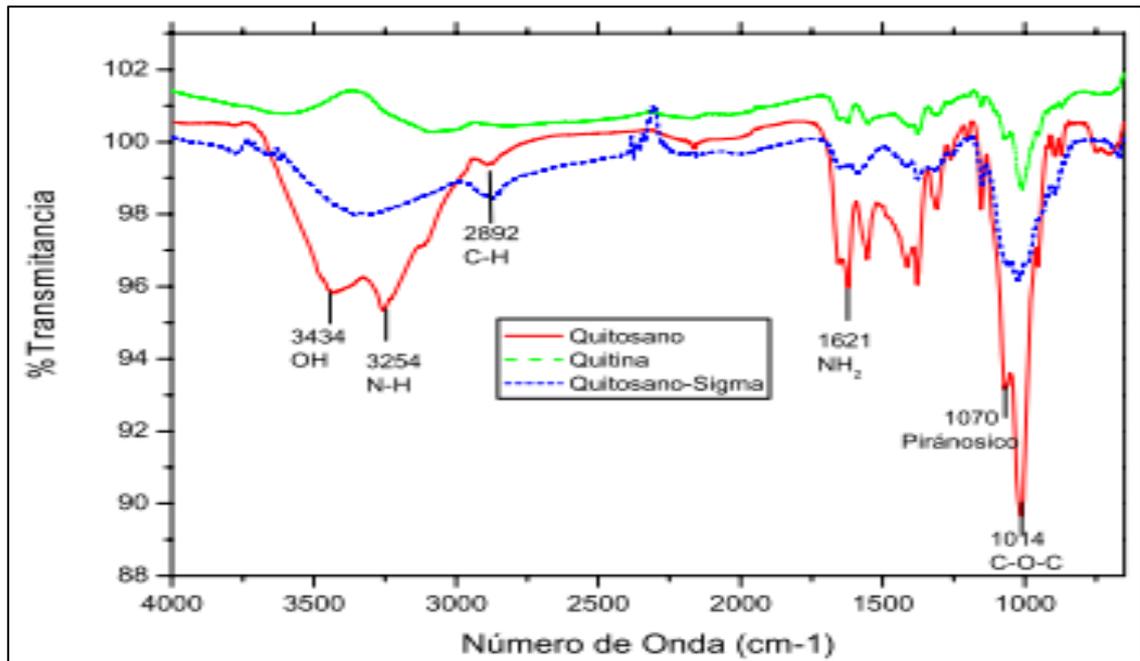


Gráfico 3-4. Espectros de quitina y quitosano

Fuente: (Hernández Cocoltzi et al., 2009).

Tabla 3-15: Espectros del quitosano obtenido

Espectro quitosano obtenido		Espectro quitosano (Hernández Cocoltzi et al., 2009)	
Región	Tensión	Región	Tensión
3409,53	OH	3434	OH
No tabulado (pero existente)	N-H	3254	N-H
2851,24	C-H	2892	C-H
1601,59	NH ₂	1621	NH ₂
1026,91	C-O-C	1014	C-O-C

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.3.3. Resultados de la titulación potenciométrica

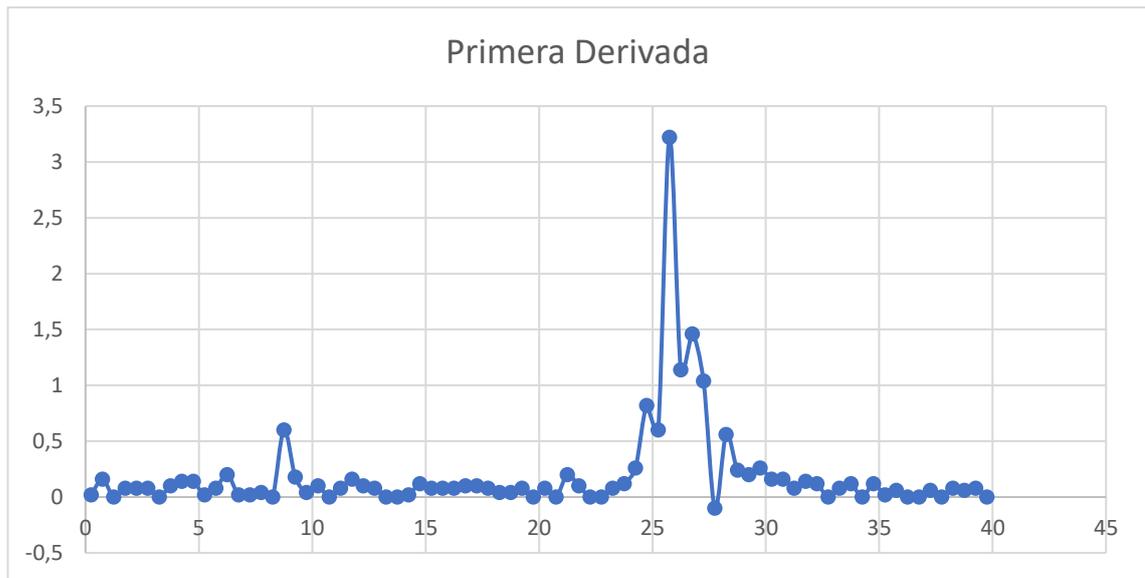


Gráfico 3-5. Primera derivada de la titulación potenciométrica

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

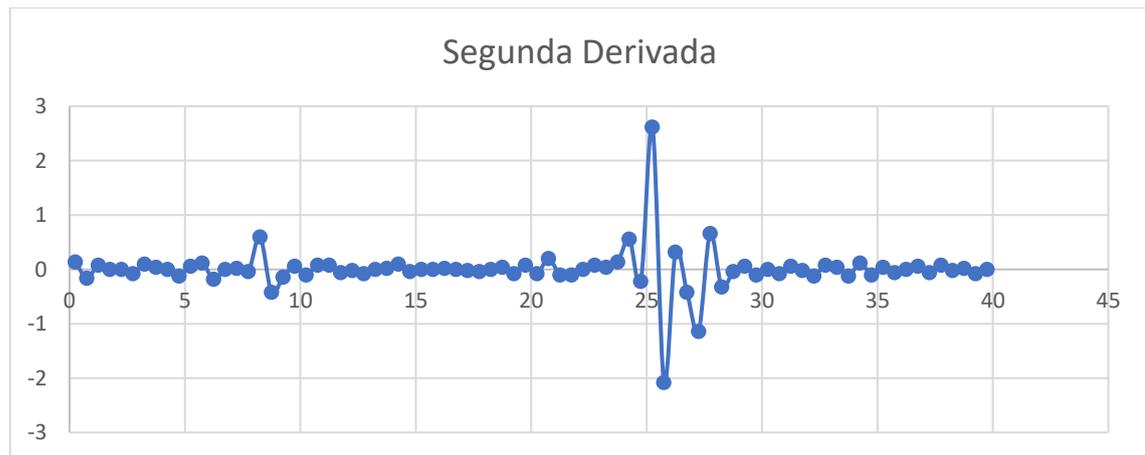


Gráfico 3-6. Segunda derivada de la titulación potenciométrica

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.3.4. Características físico-químicas del quitosano obtenido

Tabla 3-16: Caracterización del quitosano obtenido

No.	PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	
1	Humedad	%	10,0	10,48	(Hernández Cocoltzi et al., 2009)
2	Ceniza	%	0,6	1,40	(Hernández Cocoltzi et al., 2009)
3	Material insoluble	%	1,39	1,80	(Hernández Cocoltzi et al., 2009)
4	Proteína	%	14,48	1,63	(Hernández Cocoltzi et al., 2009)
5	Grado de desacetilación	%	56,0	64,0	(Hernández Cocoltzi et al., 2009)
6	Viscosidad	SP	137,5	-	-
7	Nitrógeno	%	2,3168	-	-

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.3.5. Resultados de las pruebas de tracción del papel piedra

3.3.5.1. Formulación 1: 0,058 g citrato de sodio – 50 °C

Tabla 3-17: Resultados de tracción: Formulación 1

MUESTRA N°	FUERZA(N)	AREA cm2			TENCIÓN (N/ cm2)	Medida Inicial Probeta	ELONGACION CON MEDIDOR (m)			
		ANCHO (cm)	calibre (cm)	AREA (cm2)			Medidor Inicial	Medidor Final	Deformación del Medidor	% Elongación
1	118,6	1,5	0,070	0,105	1129,524	0,070	0,268	0,278	0,010	14,3
2	156,0	1,5	0,070	0,105	1485,714	0,070	0,271	0,282	0,011	15,7
3	86,5	1,5	0,070	0,105	823,810	0,070	0,269	0,275	0,006	8,6
4	86,2	1,5	0,080	0,120	718,333	0,070	0,274	0,284	0,010	14,3
5	110,4	1,5	0,080	0,120	920,000	0,070	0,277	0,280	0,003	4,3
6	97,5	1,5	0,070	0,105	928,571	0,070	0,273	0,277	0,004	5,7

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.3.5.2. *Formulación 2: 0,058 g citrato de sodio – 30 °C*

Tabla 3-18: Resultados de tracción: Formulación 2

MUESTRA N°	FUERZA(N)	AREA cm2			TENCIÓN (N/ cm2)	Medida Inicial Probeta	ELONGACION CON MEDIDOR (m)			
		ANCHO (cm)	calibre (cm)	AREA (cm2)			Medidor Inicial	Medidor Final	Deformación del Medidor	% Elongación
1	83,4	1,5	0,070	0,105	794,286	0,070	0,271	0,278	0,007	10,0
2	78,2	1,5	0,080	0,120	651,667	0,070	0,274	0,284	0,010	14,3
3	65,4	1,5	0,070	0,105	622,857	0,070	0,270	0,274	0,004	5,7
4	65,5	1,5	0,080	0,120	545,833	0,070	0,271	0,274	0,003	4,3
5	52,1	1,5	0,080	0,120	434,167	0,070	0,273	0,280	0,007	10,0
6	67,4	1,5	0,080	0,120	561,667	0,070	0,280	0,287	0,007	10,0

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.3.5.3. *Formulación 3: 0,025g citrato de sodio – 50 °C*

Tabla 3-19: Resultados de tracción: Formulación 3

MUESTRA N°	FUERZA(N)	AREA cm2			TENCIÓN (N/ cm2)	Medida Inicial Probeta	ELONGACION CON MEDIDOR (m)			
		ANCHO (cm)	calibre (cm)	AREA (cm2)			Medidor Inicial	Medidor Final	Deformación del Medidor	% Elongación
1	42,4	1,5	0,080	0,120	353,333	0,070	0,269	0,276	0,007	10,0
2	39,4	1,5	0,080	0,120	328,333	0,070	0,277	0,290	0,013	18,6
3	35,7	1,5	0,080	0,120	297,500	0,070	0,267	0,281	0,014	20,0
4	44,1	1,5	0,090	0,135	326,667	0,070	0,272	0,282	0,010	14,3
5	36,8	1,5	0,080	0,120	306,667	0,070	0,274	0,285	0,011	15,7
6	41,9	1,5	0,090	0,135	310,370	0,070	0,268	0,281	0,013	18,6

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.3.5.4. *Formulación 4: 0,025g citrato de sodio – 30 °C*

Tabla 3-20: Resultados de tracción: Formulación 4

MUESTRA N°	FUERZA(N)	AREA cm2			TENCIÓN (N/ cm2)	Medida Inicial Probeta	ELONGACION CON MEDIDOR (m)			
		ANCHO (cm)	calibre (cm)	AREA (cm2)			Medidor Inicial	Medidor Final	Deformación del Medidor	% Elongación
1	31,5	1,5	0,070	0,105	300,000	0,070	0,280	0,287	0,007	10,0
2	20,5	1,5	0,080	0,120	170,833	0,070	0,274	0,276	0,002	2,9
3	20,3	1,5	0,070	0,105	193,333	0,070	0,270	0,275	0,005	7,1
4	23,5	1,5	0,070	0,105	223,810	0,070	0,272	0,276	0,004	5,7
5	27,7	1,5	0,080	0,120	230,833	0,070	0,269	0,275	0,006	8,6
6	26,5	1,5	0,080	0,120	220,833	0,070	0,273	0,279	0,006	8,6

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

3.3.6. Resultados de elongación

3.3.6.1. Efectos estimados para elongación

Tabla 3-21: Efectos estimados para elongación (%)

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
Promedio	10,7208	0,771657	
A:Plastificante	-1,90833	1,54331	1,0
B:Temperatura de Secado	5,24167	1,54331	1,0
AB	-3,80833	1,54331	1,0

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Nota: Errores estándar basados en el error total con 20 g.l.

La tabla 3-21 muestra las distintas estimaciones de cada efecto y la interacción de los mismos, de igual forma se aprecia el error estándar y el factor de inflación de varianza (V.I.F.) mismo que denota una colinealidad estable entre las variables al ser su valor igual a 1,0. Por tanto se puede decir que se trata de un diseño perfectamente ortogonal, donde no hay un indicativo de confusión.

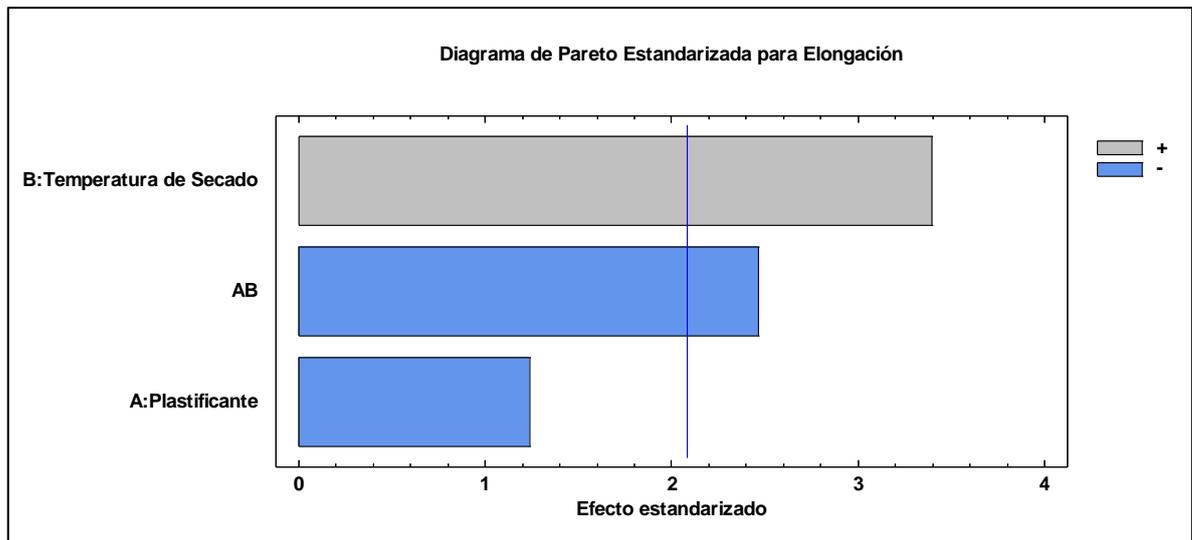


Gráfico 3-7. Diagrama de Pareto estandarizado para elongación

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

El gráfico 3-7 muestra los estimados en orden decreciente de importancia, donde se aprecia que tanto la temperatura como la interacción de las dos variables superan la línea de valor crítico, por lo que dichos tendrán un efecto directo sobre la elongación, sin embargo, la interacción AB disminuye la respuesta de elongación en tanto que el factor B la aumenta.

3.3.6.2. ANOVA: Elongación

Tabla 3-22: Análisis de varianza para elongación

Fuente	Suma de Cuadrados	de GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Plastificante	21,8504	1	21,8504	1,53	0,2306
B:Temperatura de Secado	164,85	1	164,85	11,54	0,0029
AB	87,0204	1	87,0204	6,09	0,0227
Error total	285,818	20	14,2909		
Total (corr.)	559,54	23			

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

R-cuadrada = 48,919 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 41,2569 por ciento

Error estándar del est. = 3,78033

Error absoluto medio = 2,94167

Estadístico Durbin-Watson = 2,28414 (P=0,8020)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,196305

La tabla 3-22 particiona la variabilidad de Elongación en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, el plastificante y la interacción AB tienen una valor-P menor que 0,05, indicando que son significativos, con un nivel de confianza del 95,0%. Por tanto, el factor más influyente es el B (Temperatura).

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 48,919% de la variabilidad en elongación, por tanto, su relación con los factores es bajo ya que solo explica la mitad de la variabilidad de la respuesta en torno a su media.

El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 41,2569%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 3,78033. El error medio absoluto (MAE) de 2,94167 es el valor promedio de los residuos.

El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

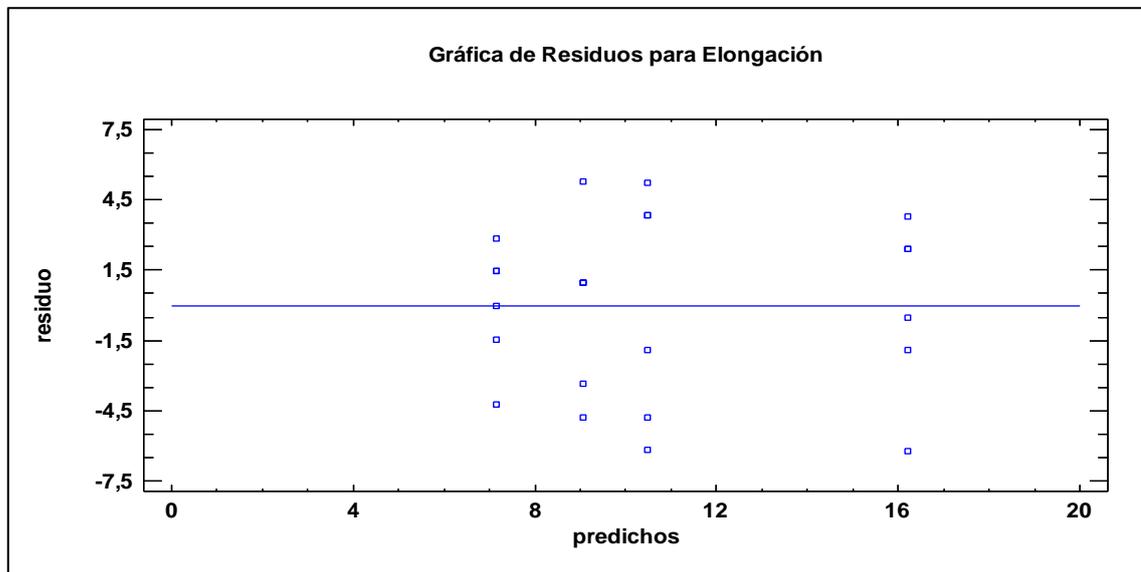


Gráfico 3-8. Gráfica de residuos para elongación

Elaborado por: Lascano, Jean, 2021.

Todos los residuales se comportan de manera aleatoria independiente, existen datos arriba y abajo, por lo cual se cumple el supuesto, por tanto, se acepta la hipótesis nula de no autocorrelación, así, el método no requiere de correcciones. Esto también se observa en la gráfica de probabilidad normal donde solo existe un efecto significativo.

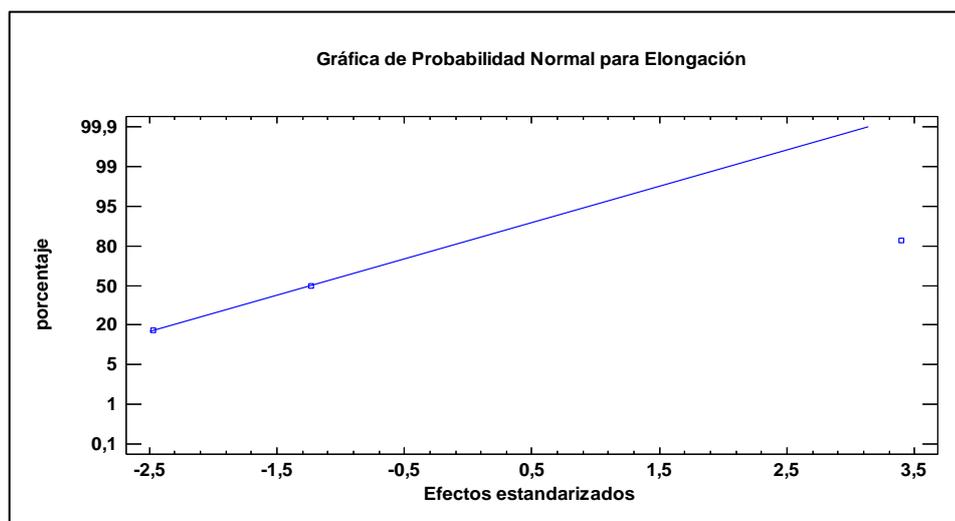


Gráfico 3-9. Gráfica de probabilidad normal para elongación

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

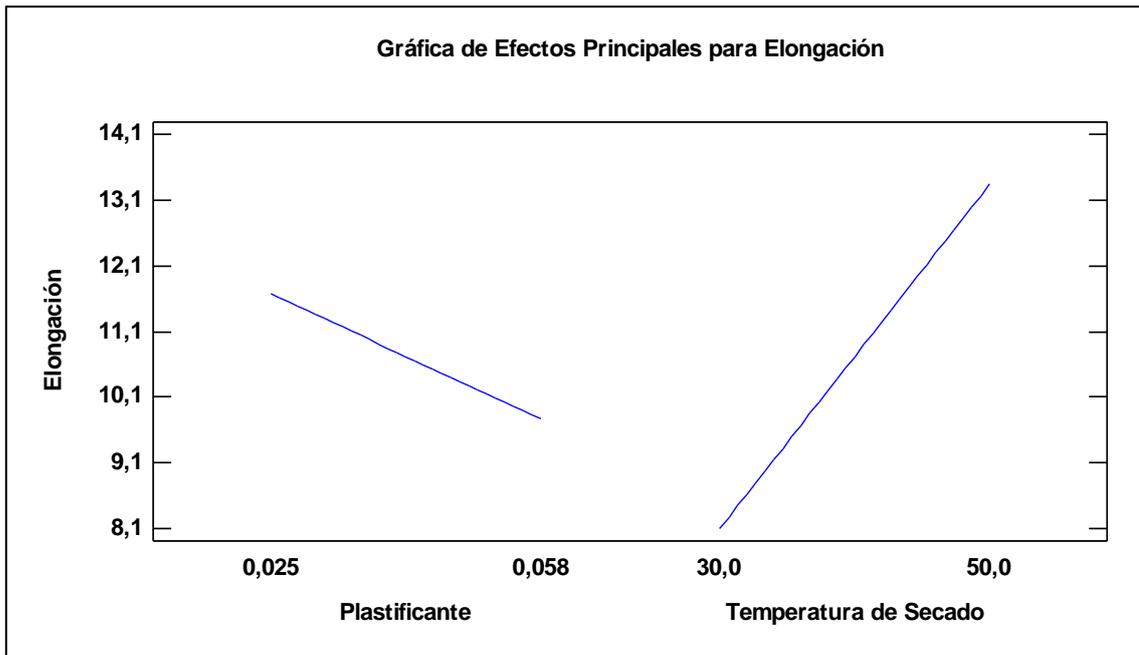


Gráfico 3-10. Gráfica de efectos principales para elongación

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Se observan ambos factores con sus porcentajes de elongación, donde se observa una pendiente negativa para el plastificante, es decir que disminuye la respuesta, en tanto que la pendiente de la temperatura de secado es mayor y positiva, por tanto, su efecto es más significativo

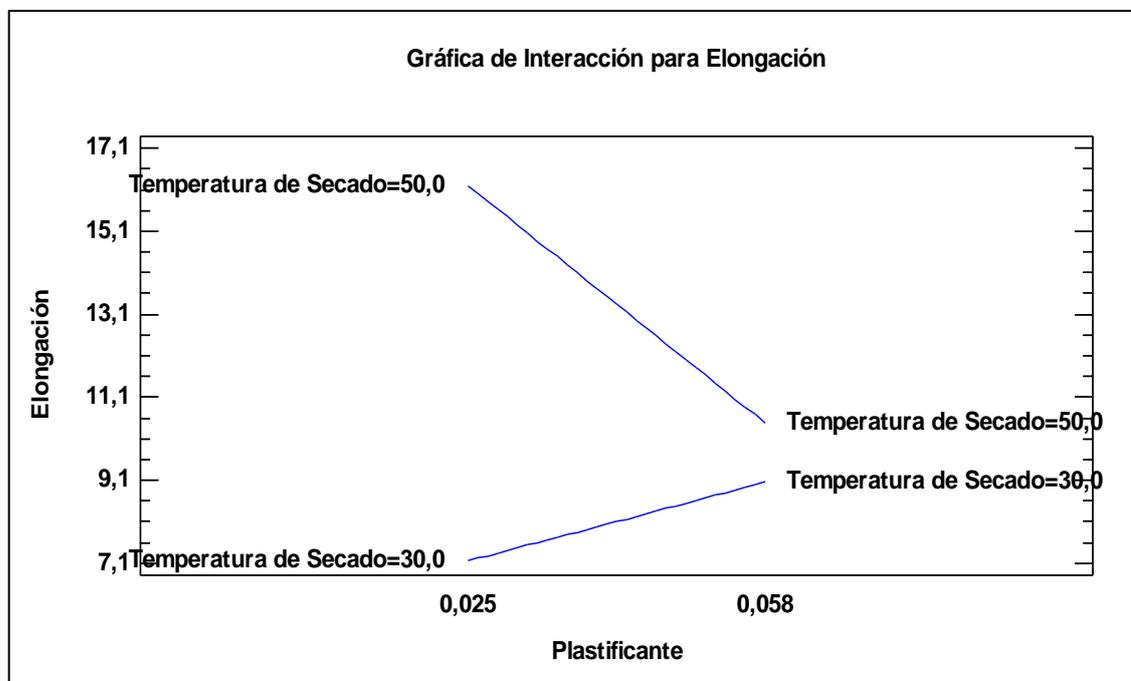


Gráfico 3-11. Gráfica de interacción para elongación

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Cuando la temperatura está en su nivel bajo, el plastificante no tiene gran efecto en la elongación. Cuando está en su nivel alto se aprecia que hay un efecto significativo del plastificante en el porcentaje de elongación.

Por tanto, se puede observar que cuando el plastificante se encuentra en su nivel alto depende del nivel de temperatura en que se encuentre, se dice que ambos factores interactúan, eso se puede apreciar cuando las pendientes son diferentes, en el caso de que ambas estén próximas a ser paralelas se dice que no existe interacción.

Al ser las pendientes diferentes, quiere decir que hay interacción.

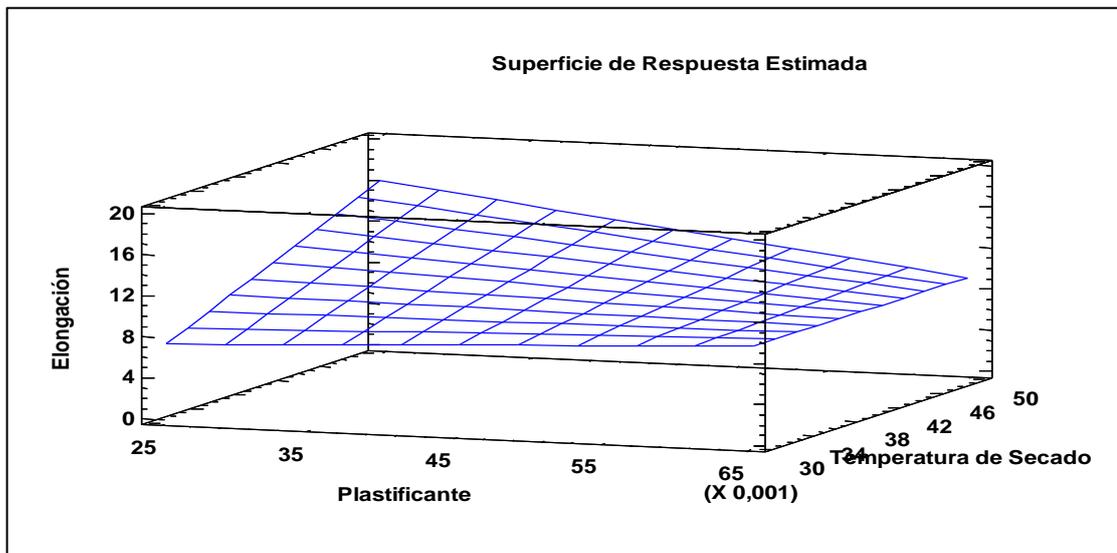


Gráfico 3-12. Superficie de respuesta estimada para elongación

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

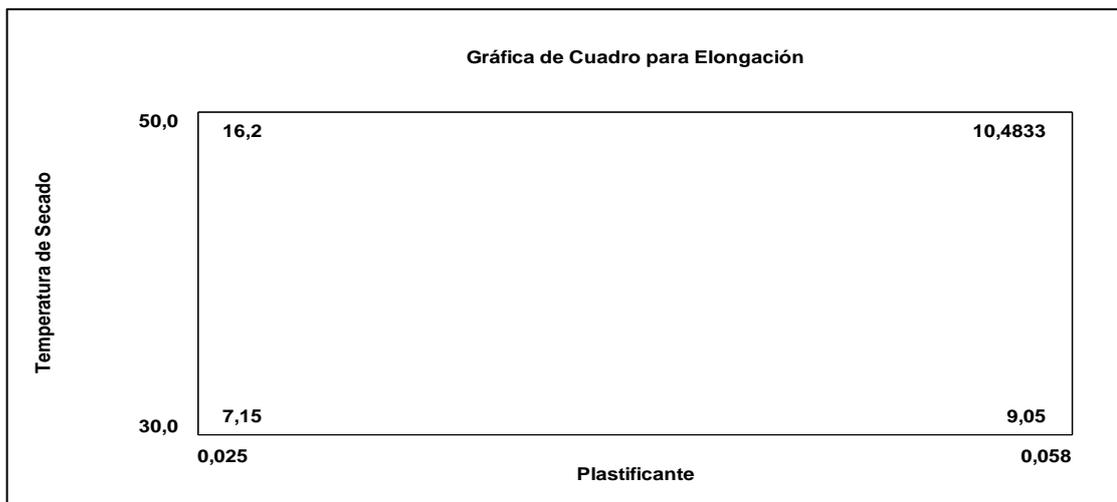


Gráfico 3-13. Gráfica de cuadro para elongación

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

En la gráfica 3-13 el perímetro delimita el área de experimentación, es decir los estimados son para un máximo de 10,4833 % de elongación y un mínimo de 7,15% de elongación, por lo que no se puede predecir los resultados fuera de estos límites, para ello nos servimos de la gráfica de contornos.

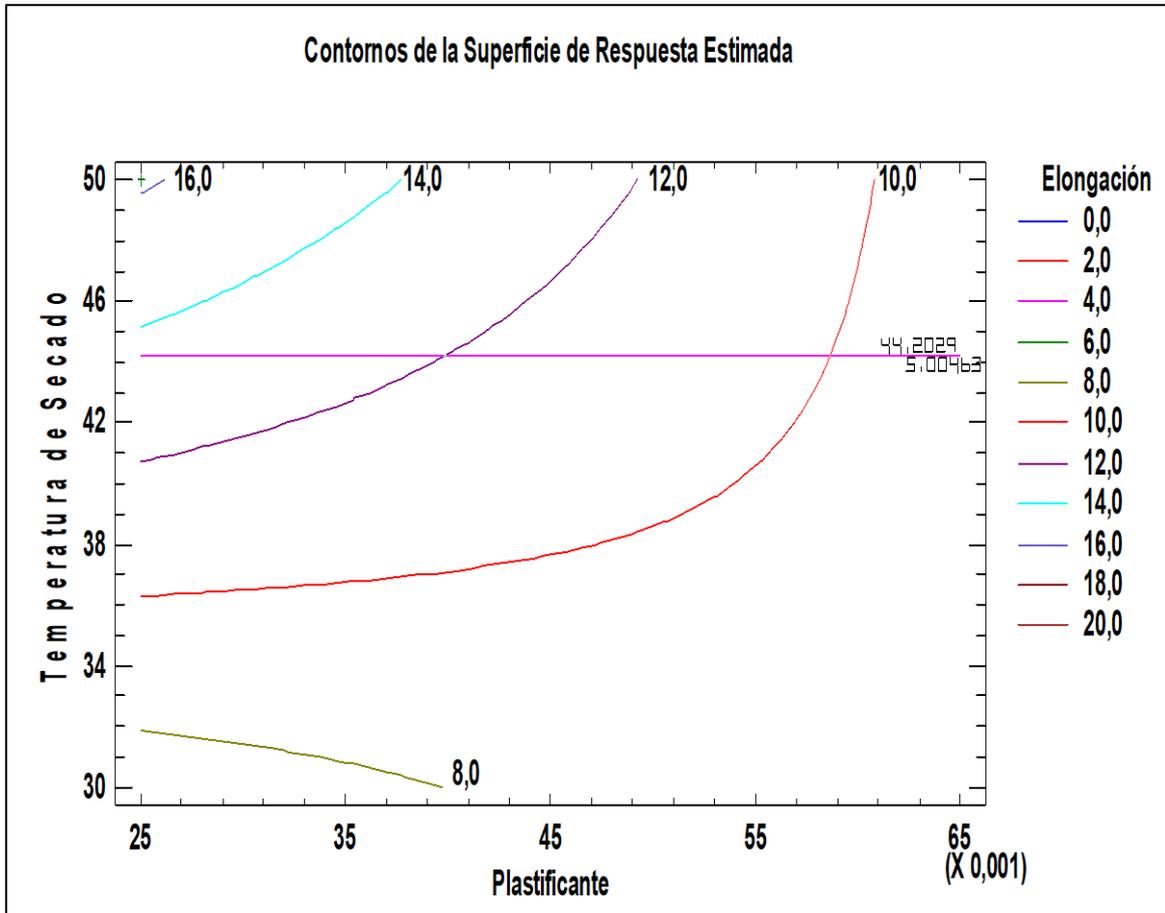


Gráfico 3-14. Contornos de la superficie de respuesta estimada para elongación

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Por tanto, para un porcentaje de elongación del 5,009 % la temperatura debe mantenerse en 44,2029°C y el porcentaje de plastificante se puede mover en cualquier valor sin verse afectado el resultado de elongación.

3.3.6.3. Coeficiente de regresión

Tabla 3-23: Coeficiente de regresión para elongación

Coeficiente	Estimado
Constante	-16,5197
A:Plastificante	403,788
B:Temperatura de Secado	0,74101
AB	-11,5404

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Aquí se observa la ecuación de regresión ajustada a los datos, donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales.

$$\text{Elongación} = -16,5197 + 403,788 * \text{Plastificante} + 0,74101 * \text{Temperatura de Secado} - 11,5404 * \text{Plastificante} * \text{Temperatura de Secado}$$

3.3.6.4. Resultados estimados para elongación

Tabla 3-24: Resultados estimados para elongación

	Observados	Ajustados	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Fila	Valores	Valores	para Media	para Media
1	10,0	7,15	3,9307	10,3693
2	10,0	9,05	5,8307	12,2693
3	10,0	16,2	12,9807	19,4193
4	14,3	10,4833	7,26403	13,7026
5	2,9	7,15	3,9307	10,3693
6	14,3	9,05	5,8307	12,2693
7	18,6	16,2	12,9807	19,4193
8	15,7	10,4833	7,26403	13,7026
9	7,1	7,15	3,9307	10,3693
10	5,7	9,05	5,8307	12,2693
11	20,0	16,2	12,9807	19,4193
12	8,6	10,4833	7,26403	13,7026
13	5,7	7,15	3,9307	10,3693

14	4,3	9,05	5,8307	12,2693
15	14,3	16,2	12,9807	19,4193
16	14,3	10,4833	7,26403	13,7026
17	8,6	7,15	3,9307	10,3693
18	10,0	9,05	5,8307	12,2693
19	15,7	16,2	12,9807	19,4193
20	4,3	10,4833	7,26403	13,7026
21	8,6	7,15	3,9307	10,3693
22	10,0	9,05	5,8307	12,2693
23	18,6	16,2	12,9807	19,4193
24	5,7	10,4833	7,26403	13,7026

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

La tabla 3-24 contiene información acerca de los valores de elongación generados usando el modelo ajustado. La tabla incluye:

- (1) los valores observados de elongación (si alguno)
- (2) el valor predicho de elongación usando el modelo ajustado
- (3) intervalos de confianza del 95,0% para la respuesta media

Cada ítem corresponde a los valores de los factores experimentales en una fila específica de su archivo de datos.

3.3.6.5. Optimización para elongación

Tabla 3-25: Optimizar respuesta de elongación

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Plastificante	0,025	0,058	0,025
Temperatura de Secado	30,0	50,0	50,0

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Nota: Meta: maximizar elongación

Valor óptimo = 16,2

La tabla 3-25 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza elongación sobre la región indicada.

3.3.7. Resultados de tensión

3.3.7.1. Efectos estimados para tensión

Tabla 3-26: Efectos estimados para tensión (N/cm²)

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
Promedio	536,623	30,923	
A:Plastificante	529,493	61,846	1,0
B:Temperatur	248,225	61,846	1,0
AB	151,021	61,846	1,0

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Nota: Errores estándar basados en el error total con 20 g.l.

La tabla muestra todas las estimaciones de los efectos y sus interacciones, junto con sus errores estándar de muestreo y su factor de inflación de varianza (V.I.F.) igual a 1,0 para cada efecto, por tanto, se puede hablar de un diseño perfectamente ortogonal.

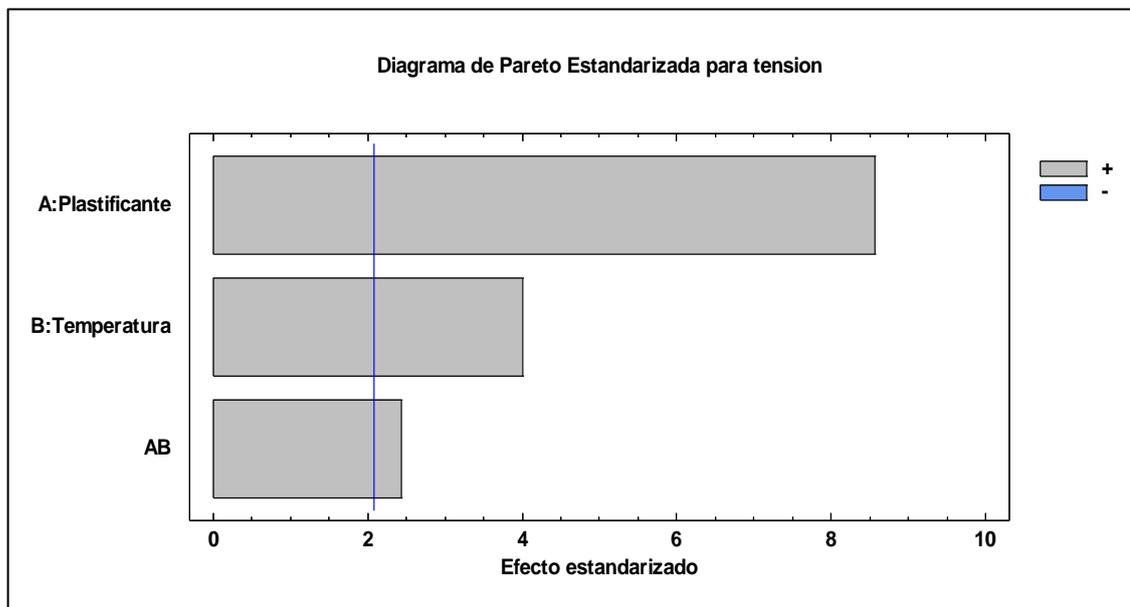


Gráfico 3-15. Diagrama de Pareto estandarizado para tensión

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

El diagrama de Pareto muestra los estimados en orden decreciente de importancia, donde se aprecia que todos los efectos superan la línea de valor crítico, esto quiere decir que el plastificante tendrá mayor efecto de respuesta en la tensión, seguido de la temperatura y por último la interacción de ambos, cabe recalcar que todos poseen efectos positivos sobre la tensión.

3.3.7.2. ANOVA: Tensión

Tabla 3-27: Análisis de varianza para tensión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Plastificante	1,68218E6	1	1,68218E6	73,30	0,0000
B:Temperatura	369695,	1	369695,	16,11	0,0007
AB	136843,	1	136843,	5,96	0,0240
Error total	458992,	20	22949,6		
Total (corr.)	2,64771E6	23			

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

R-cuadrada = 82,6646 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 80,0642 por ciento

Error estándar del est. = 151,491

Error absoluto medio = 84,0455

Estadístico Durbin-Watson = 1,94156 (P=0,5251)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,0170942

La tabla 3-27 particiona la variabilidad de tensión en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 3 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%, donde el factor con mayor efecto de respuesta es el factor A, seguido del B y por último el factor de interacción AB.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 82,6646% de la variabilidad en tensión. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 80,0642%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 151,491. El error medio absoluto (MAE) de 84,0455 es el valor promedio de los residuos.

El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

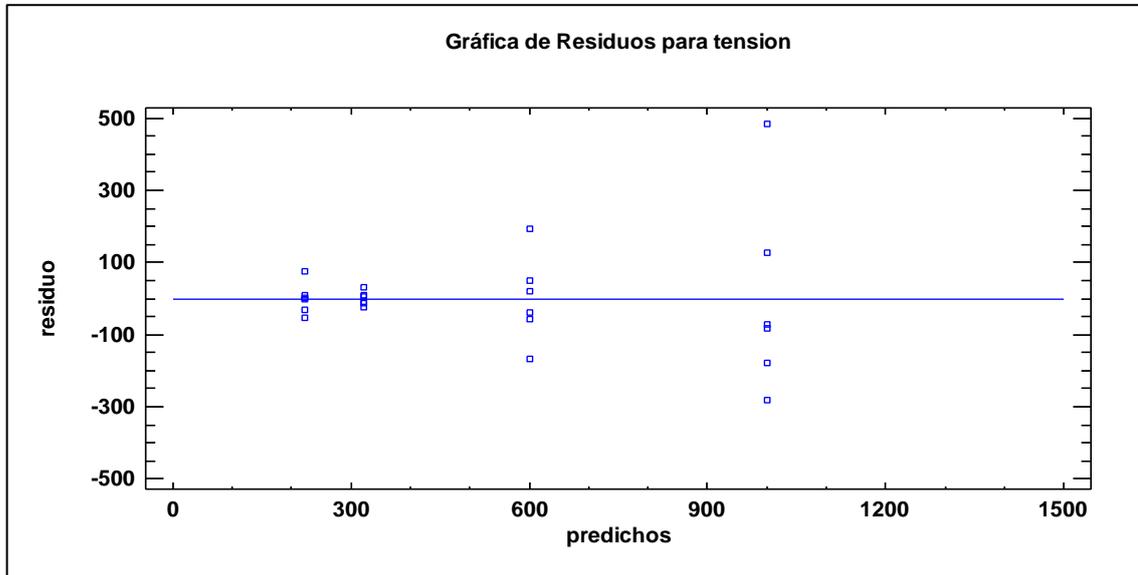


Gráfico 3-16. Gráfica de residuos para tensión

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Todos los residuales se comportan de manera aleatoria independiente, existen datos arriba y abajo, por lo cual se cumple el supuesto, por tanto, se acepta la hipótesis nula de no autocorrelación, así, el método no requiere de correcciones. Esto también se observa en la gráfica de probabilidad normal donde solo existe un efecto significativo.

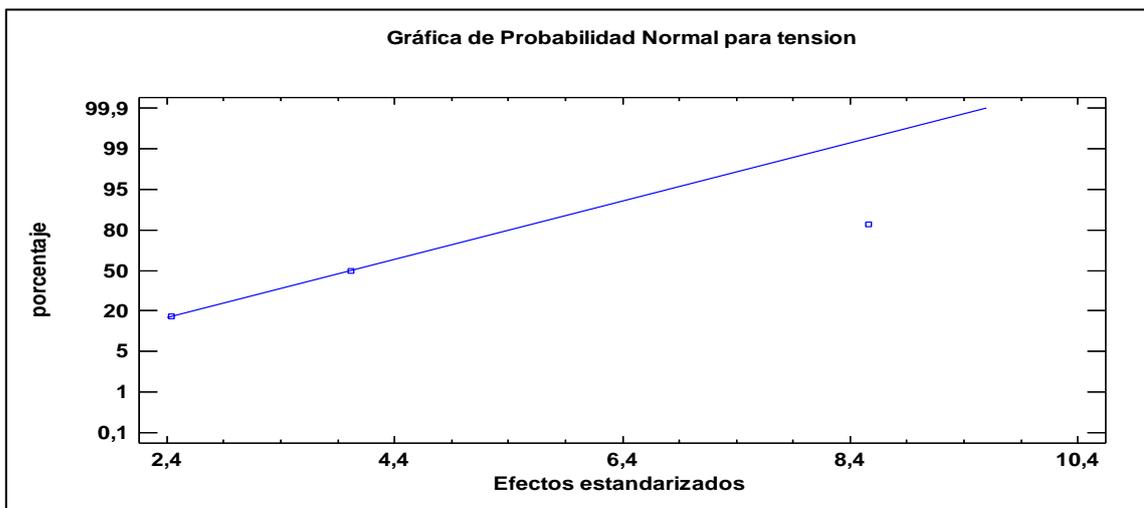


Gráfico 3-17. Gráfica de probabilidad normal para tensión

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

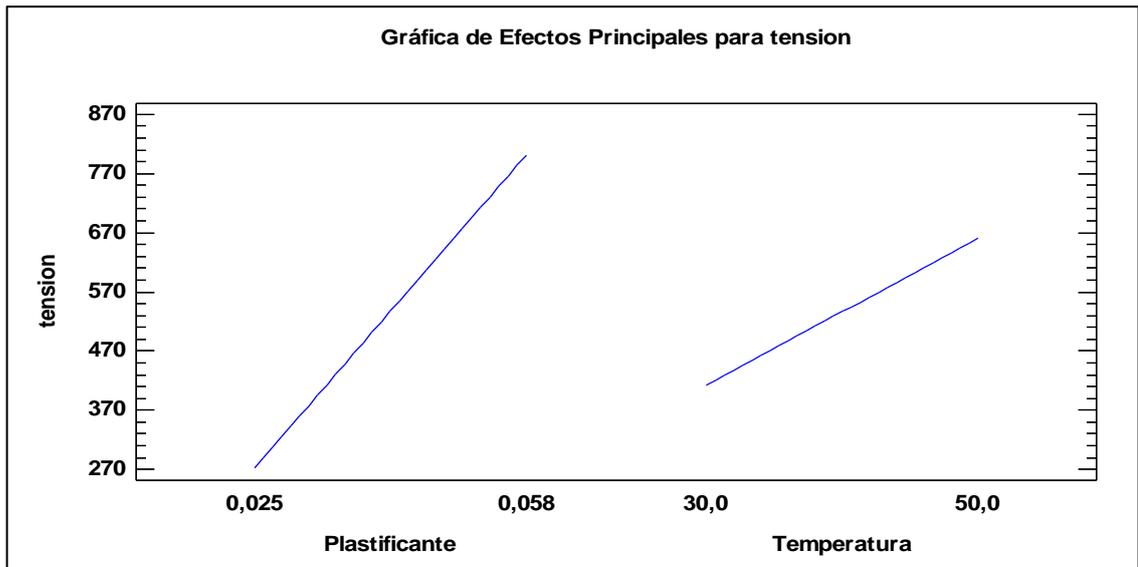


Gráfico 3-18. Gráfica de efectos principales para tensión

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Se observan ambos factores con sus valores de tensión, en ambos casos su pendiente es positiva, sin embargo, el plastificante posee una pendiente mayor a la de la temperatura, por tanto, su efecto será más grande.

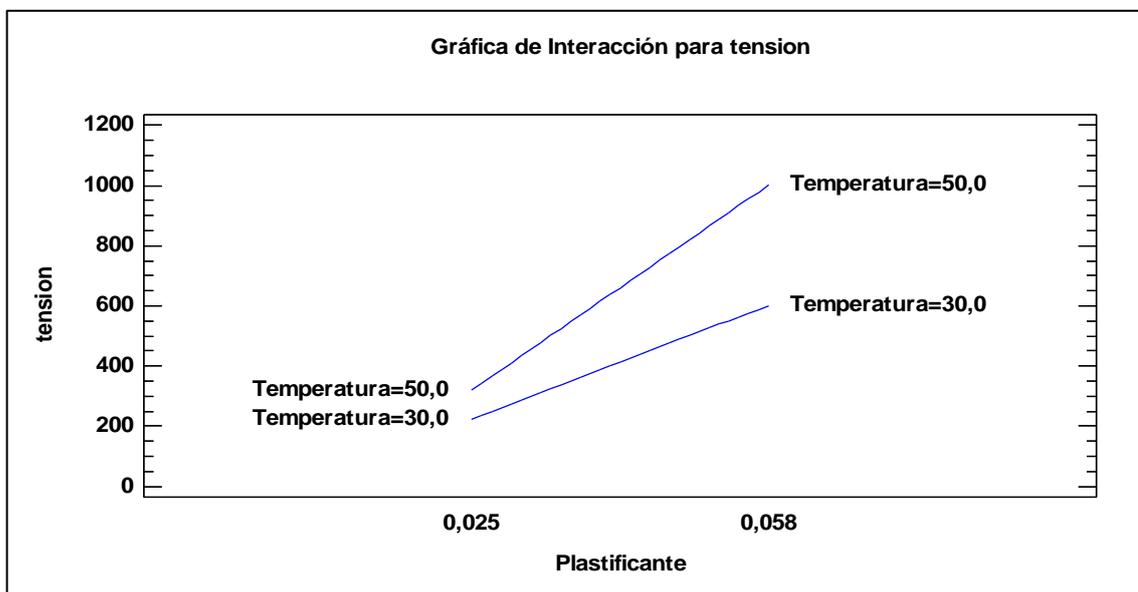


Gráfico 3-19. Gráfica de interacción para tensión

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Se aprecia que cuando la temperatura está, tanto en su nivel más bajo como alto, el plastificante tiene gran respuesta sobre el valor de tensión, por lo que se puede decir que el plastificante depende del nivel de temperatura en que se encuentre, es decir, ambos factores interactúan.

Esto se puede apreciar cuando las pendientes son diferentes, en el caso de que ambas estén próximas a ser paralelas se dice que no existe interacción.

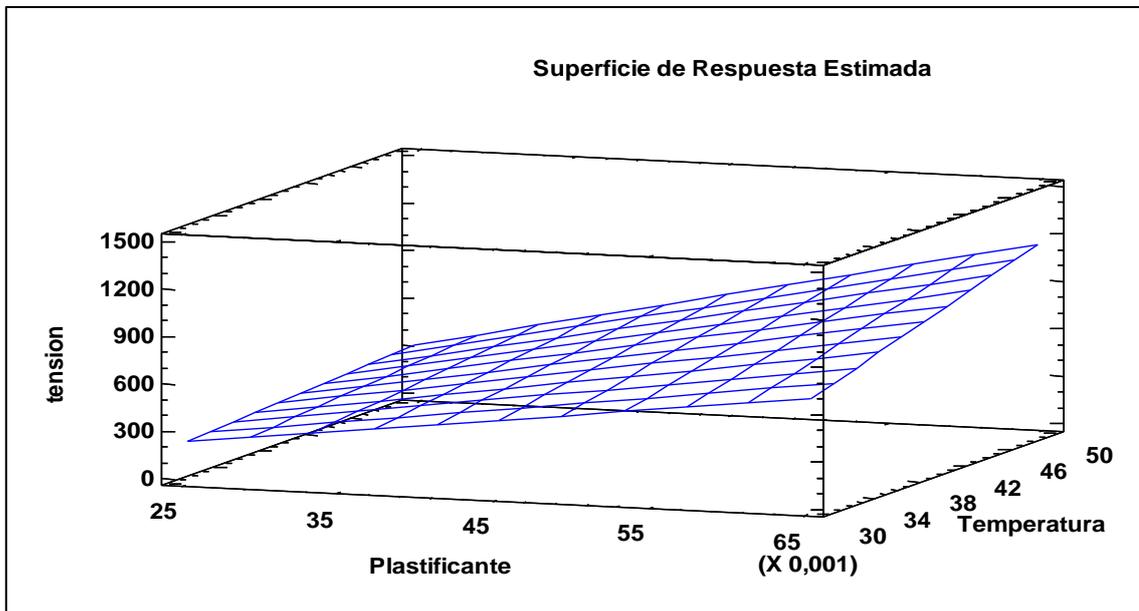


Gráfico 3-20. Superficie de respuesta estimada para tensión

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

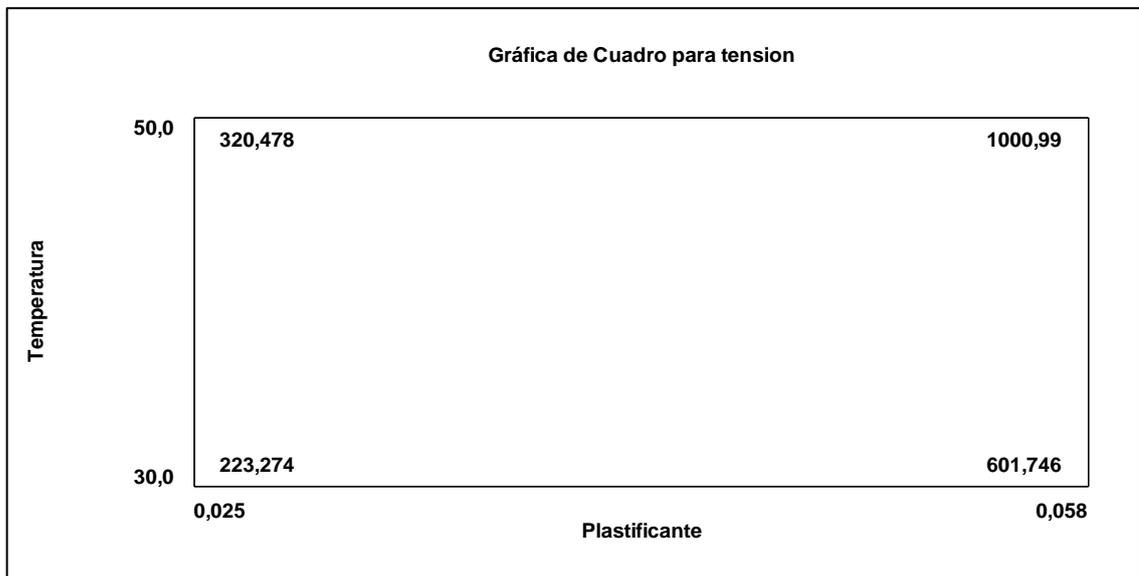


Gráfico 3-21. Gráfica de cuadrado para tensión

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

En la gráfica 3-21 el perímetro delimita el área de experimentación, es decir los estimados son para un máximo de 100,99 de tensión y un mínimo de 223,274, por lo que no se puede predecir los resultados fuera de estos límites, para ello nos servimos de la gráfica de contornos.

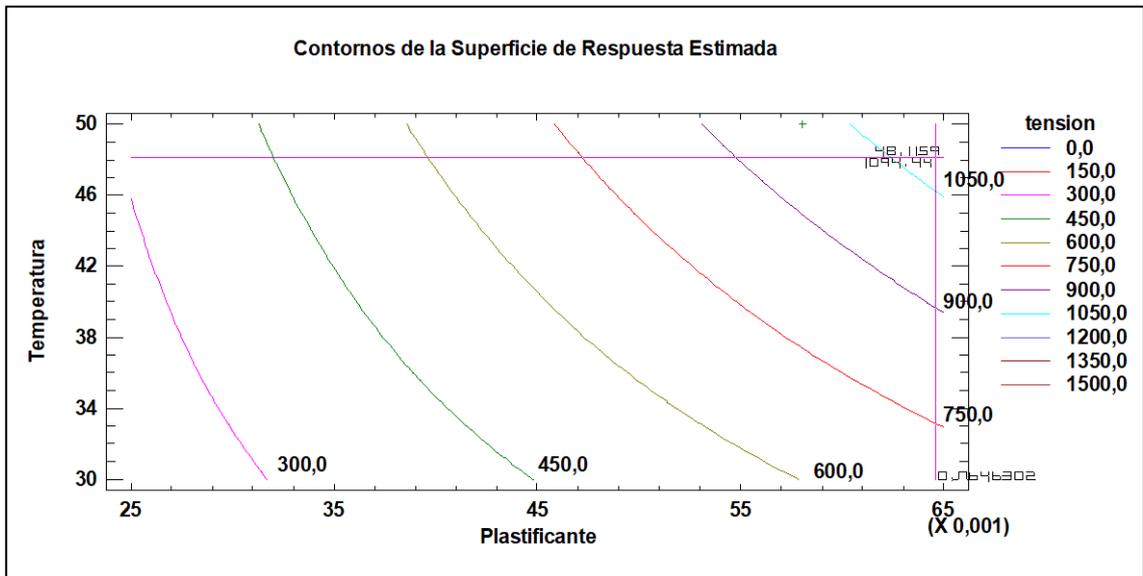


Gráfico 3-22. Contornos de la superficie de respuesta estimada para tensión

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Por tanto, si se trabajara con 48,1152° C de temperatura, con 0,5646302 g de plastificante, nuestro valor de tensión sería igual a 1094,44 N/cm², de esta por fa podemos predecir distintos resultados a distintas condiciones.

3.3.7.3. Coeficientes de regresión para tensión

Tabla 3-28: Coeficientes de regresión para tensión

Coeficiente	Estimado
Constante	133,974
A:Plastificante	-2260,28
B:Temperatura	-6,58072
AB	457,638

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Tensión} = 133,974 - 2260,28 \cdot \text{Plastificante} - 6,58072 \cdot \text{Temperatura} + 457,638 \cdot \text{Plastificante} \cdot \text{Temperatura}$$

Donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales.

3.3.7.4. Resultados estimados para tensión

Tabla 3-29: Resultados estimados para tensión

	Observados	Ajustados	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Fila	Valores	Valores	para Media	para Media
1	300,0	223,274	94,2648	352,283
2	794,286	601,746	472,737	730,755
3	353,333	320,478	191,469	449,487
4	1129,52	1000,99	871,983	1130,0
5	170,833	223,274	94,2648	352,283
6	651,667	601,746	472,737	730,755
7	328,333	320,478	191,469	449,487
8	1485,71	1000,99	871,983	1130,0
9	193,333	223,274	94,2648	352,283
10	622,857	601,746	472,737	730,755
11	297,5	320,478	191,469	449,487
12	823,81	1000,99	871,983	1130,0
13	223,81	223,274	94,2648	352,283
14	545,833	601,746	472,737	730,755
15	326,667	320,478	191,469	449,487
16	718,333	1000,99	871,983	1130,0
17	230,833	223,274	94,2648	352,283
18	434,167	601,746	472,737	730,755
19	306,667	320,478	191,469	449,487
20	920,0	1000,99	871,983	1130,0
21	220,833	223,274	94,2648	352,283
22	561,667	601,746	472,737	730,755
23	310,37	320,478	191,469	449,487
24	928,571	1000,99	871,983	1130,0

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

La tabla 3-29 contiene información acerca de los valores de tensión generados usando el modelo ajustado. La tabla incluye:

- (1) los valores observados de tensión (si alguno)
- (2) el valor predicho de tensión usando el modelo ajustado
- (3) intervalos de confianza del 95,0% para la respuesta media

Cada ítem corresponde a los valores de los factores experimentales en una fila específica de su archivo de datos.

3.3.7.5. Optimización de respuesta para tensión

Tabla 3-30: Optimizar respuesta para tensión

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Plastificante	0,025	0,058	0,058
Temperatura	30,0	50,0	50,0

Realizado por: Lascano, Jean, 2021.

Nota: Meta: maximizar tensión

Valor óptimo = 1000,99

Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza la tensión sobre la región indicada.

3.4. Prueba de Hipótesis

3.4.1. Prueba de hipótesis general

La obtención de papel a base de carbonato de calcio y quitosano es posible en relaciones cercanas de 2:1 respectivamente y en menor concentración los aditivos más óptimos, como el Citrato de Sodio, al conferir este último buenas características físico-mecánicas similares a las del papel de fibra de celulosa sin generar residuos perjudiciales al medio. Por otro lado, se descarta la hipótesis de obtención de papel a base de carbonato de calcio y polietilenglicol, que pretendía el uso del polietilenglicol como alternativa del uso del polietileno, al ser un derivado de este último, sin embargo, presentó en su totalidad resultados nulos, es decir, no se logró sintetizar la red polimérica con el carbonato de calcio debido a los grupos hidrofílicos éter o alcohol que posee dicho polímero.

3.4.2. Prueba de hipótesis específica 1

Es posible obtener un quitosano por desacetilación de la quitina de las cáscaras del camarón (*Litopenaeus vannamei*) mediante un tratamiento directo que presente un grado de desacetilación adecuado o similar al método indirecto descritos por Alvarado et al., así, los resultados de esta investigación son óptimos al presentar un grado de desacetilación cercano al quitosano comercial con un 56,0%, sin embargo para una mejor síntesis de la red polimérica del papel piedra se requerirá de un porcentaje mayor.

3.4.3. Prueba de hipótesis específica 2

Los resultados de la caracterización físico-química del quitosano obtenido muestran que el polímero es apto para la síntesis del papel piedra al presentar bajos porcentajes de humedad, impurezas, nitrógeno y material insoluble, por otro lado su grado de desacetilación es el adecuado en términos del método empleado para su obtención y del manejo comercial, no obstante un mayor grado de desacetilación representaría mejores propiedades al papel a sintetizar, por tanto las propiedades finales del papel son directamente proporcionales a las características del polímero con que se trate.

3.4.4. Prueba de hipótesis específica 3

Mediante el desarrollo de un diseño experimental factorial 2^k , se elaboraron 4 tratamientos para la evaluación de las propiedades físico-mecánicas del papel y de esta forma determinar las condiciones óptimas para su síntesis mediante los resultados obtenidos del análisis ANOVA, en cuyo caso se pudieron establecer predicciones y optimización del método empleado, donde se verificó que no existen correcciones necesarias al tratarse de un modelo ortogonal.

CONCLUSIONES

- La síntesis del papel a base de carbonato de calcio fue evaluada mediante dos métodos con resinas atóxicas; quitosano para el método 1 y polietilenglicol como derivado del polietileno para el método 2, en ambas metodologías se emplearon condiciones similares de trabajo, en tanto a relación de reactivos, temperatura, presión y porcentajes de aditivos. Bajo los resultados obtenidos, se rechazó en su totalidad al método 2, ya que no presentó respuestas mínimamente cercanas a un producto que se pueda considerarse como papel. En tanto al método 1, se encontró que para una síntesis de red polimérica adecuada los valores de carbonato de calcio/quitosano deben hallarse cercanos en relación 1:2 respectivamente, es así que la formulación que presentó mejores resultados cualitativos y cuantitativos fue la Formulación 1 con valores de 0,28 g Quitosano, 0,5 g Carbonato de Calcio, 0,058 g Citrato de Sodio como plastificante y una temperatura y tiempo de secado de 50 °C y 6-7 horas respectivamente. Por consiguiente, se establece que es viable obtener un “papel piedra” con características similares al papel convencional y sobre todo amigable con el medio ambiente.
- La síntesis del quitosano de las cáscaras de camarón (*Litopenaeus vannamei*) se realizó por el método directo, donde se obtuvo un rendimiento del 41,19 % de quitina y un rendimiento del 37,02 % de quitosano respecto a la materia prima previamente tratada (harina del exoesqueleto del camarón), este último resultó ser medianamente bajo respecto al obtenido por Hernández Cocolletzi et al., lo cual pudo deberse a pérdidas del producto por filtración y lavado, sin embargo la caracterización físico-química del polímero determinó en buenos resultados respecto a los teóricos mencionados; mismos que se aprecian en la tabla .
- Se realizaron diversos ensayos al quitosano obtenido para su caracterización, así, respecto al porcentaje de humedad se obtuvo un valor del 10%, un valor del 0,6% respecto a la ceniza, 1,39% de materia insoluble, 14,48% de proteína, 2,3168% de nitrógeno, una viscosidad de 137,5 SP y un grado de desacetilación del 56,0%, cuyos valores en su mayoría contrastan en similitud a los obtenidos por Hernández Cocolletzi et al., por tanto se puede hablar de una desacetilación y desmineralización de la quitina eficiente.
- El desarrollo del diseño experimental factorial 2^k , se ejecutó en base a los resultados de tracción obtenidos de las probetas de papel, así, se optó por un diseño de cribado 2^2 con interacciones de 2 factores y 2 variables de respuesta con 5 repeticiones, es decir un total de 24 experimentaciones. De esta forma el estudio se dio en torno al porcentaje de elongación y la tensión obtenida, donde se aprecia que existe una interacción, tanto en los niveles bajo y alto entre los factores de temperatura y plastificante respecto a la tensión del papel, cuyo valor máximo de respuesta optimizada es de 1000,99 N/cm² para un diseño perfectamente ortogonal . En tanto al porcentaje de elongación, se apreció que el plastificante no tiene gran

efecto en la elongación cuando la temperatura se encuentra en su nivel bajo, en tanto que en su nivel alto se observó que hay un efecto significativo del plastificante en el porcentaje de elongación, es así que para un porcentaje óptimo de elongación como del 5,009 % la temperatura debe mantenerse en 44,2029°C y el porcentaje de plastificante se puede mover en cualquiera de sus niveles sin verse afectado el resultado de elongación.

RECOMENDACIONES

- El proceso de secado del papel puede conllevar ciertos inconvenientes, por tanto, en base a la experiencia adquirida durante las distintas experimentaciones, se sugiere cubrir una lámina de acero inoxidable con papel aluminio, misma que servirá de molde base para la mezcla del papel (engrudo), luego del esparcimiento de la muestra dejar secar en la estufa alrededor de 30 minutos a la temperatura estipulada, posteriormente cubrir la muestra con otra lámina de acero envuelta en el mismo papel aluminio y dejar secar durante otros 30 minutos, pasada la hora de secado colocar un cuerpo pesado (ej.: ladrillo) sobre la lámina de acero durante el tiempo restante de secado del papel, esto con el fin de evitar que el papel se arrugue y así mantenga una forma laminar.
- Evitar usar fuentes de calor, como baño maría, en la homogenización del quitosano y el carbonato de calcio, puesto que una exposición prolongada al calor causa que la muestra se “cuaje” y se creen grumos que no se pueden moldear, por tanto, la muestra queda arruinada.
- Utilizar otros tipos de plastificantes que puedan mejorar las propiedades físico-mecánicas del papel, como por ejemplo el citrato de tributilo acetilado, o en su defecto desarrollar mejores formulaciones con los plastificantes empleados en esta investigación.
- Emplear siempre materia prima fresca en el caso de la obtención del quitosano, puesto que los exoesqueletos del camarón tienen a descomponerse rápidamente, por tanto, es fundamental que la materia prima se encuentre congelada hasta el momento justo de su tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

AFFELDT, C., LEUNG, A., YANG, K. y XU, M. *Life Cycle Assessment of Stone Paper, Polypropylene Film, and Coated Paper for Use as Product Labels* [en línea]. Michigan: 2016. [Consulta: 9 junio 2021]. Disponible en: [https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/117675/Life Cycle Assessment of Stone Paper- DO_NOT_UPLOAD_YET.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/117675/Life_Cycle_Assessment_of_Stone_Paper-DO_NOT_UPLOAD_YET.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ALVARADO, J. de D., ALMEIDA, A., ARANCIBIA, M., ARECIDA DE CARVALHOPA, R., DO AMARAL SOBRAL, P.J., QUINTA BARBOSA, A., MONTERREY, E. y SERENO, A. "Método directo para la obtención de quitosano de desperdicios de camarón para la elaboración de películas biodegradables". *Afinidad* [en línea], 2007, 64(31), pp. 605-611. [Consulta: 1 septiembre 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/887180/Método_directo_para_la_obtención_de_quitosano_de_desperdicios_de_camarón_para_la_elaboración_de_películas_biodegradables

ASAMBLEA CONSTITUYENTE DE MONTECRISTI. *Constitución de la República del Ecuador* [en línea]. Quito-Ecuador: 2008. [Consulta: 23 junio 2021]. Disponible en: <http://biblioteca.defensoria.gob.ec/handle/37000/823>

BRAGAGNINI, V.M., BELTRÁN, R.A., MOREA, P., MALDONADO, P. y TOSELLI, L.A. *Análisis de reactividad y comportamiento térmico de cales industriales para producción de carbonato de calcio precipitado* [en línea]. Córdoba: 2014. [Consulta: 9 junio 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12272/2349>

CUSIHUAMÁN NOA, S., ELENA TALAVERA NÚÑEZ, M., ARENAS CHÁVEZ, C., PACHECO SALAZAR, D.G. y VERA GONZALES, C. "Caracterización por técnicas espectroscópicas del o-carboximetilquitosano obtenido por derivatización del quitosano". *Rev Soc Quím Perú* [en línea], 2018, 84(2), pp. 205-2016. [Consulta: 9 junio 2021]. ISSN 1810-634X. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v84n2/a05v84n2.pdf>

GUTIÉRREZ VALENCIA, T.M., CHITO TRUJILLO, D.M. y CUERVO OCHOA, G. *Polímeros, Generalidades y tendencias de investigación en Colombia* [en línea]. 22. Bogotá: Universidad del Cauca, 2019. [Consulta: 9 junio 2021]. ISBN 978-958-732-350-4. Disponible en: <https://www.bibliotechnia.com.mx/portal/visor/web/visor.php>

HERNÁNDEZ ÁVILA, J., SALINAS RODRÍGUEZ, E., BLANCO PIÑÓN, A., CERECEDO SÁENZ, E. y RODRÍGUEZ LUGO, V. *Carbonato de calcio en México Características geológicas, mineralógicas y aplicaciones* [en línea]. México: 2014. [Consulta: 10 junio 2021]. ISBN 9788494211867. Disponible en: <http://dx.doi.org/oms.239>

HERNÁNDEZ COCOLETZI, H., ÁGUILA ALMANZA, E., FLORES AGUSTIN, O., VIVEROS NAVA, E. y RAMOS CASSELLIS, E. "Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón". *Superficies y vacío* [en línea], 2009, 22(3), pp. 57-60. ISSN 1665-3521. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/sv/v22n3/v22n3a12.pdf>

HERNÁNDEZ, I. "La quitosana: un producto bioactivo de diversas aplicaciones". *Cultivos Tropicales* [en línea], 2004, 25(3), pp. 97-110. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217916014.pdf>

INDRIATI, L., NUGRAHA, M.A. y PERNG, Y.S. "Stone Paper, an Eco-Friendly and Free-Tree Papers". *AIP Conference* [en línea], 2020, 2243, pp. 1-12. DOI 10.1063/5.0001753. Disponible en: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0001753>

LÁREZ VELÁSQUEZ, C.J. "Algunos usos del quitosano en sistemas acuosos". *Revista Iberoamericana de Polímeros* [en línea], 2003, 4(2), pp. 91-109. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/235791932>

LEMUS CENTES, J.F., MARTÍNEZ ZIMERI, L.A., NAVARRO, M.A. y POSADAS, A.A. "Obtención y uso de quitosano para tratamientos dérmicos a partir de exoesqueleto de camarón". *Boletín Electrónico* [en línea], 2007, 07, pp. 1-13. Disponible en: http://www.fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin07/URL_07_QUI01.pdf

NAVARRO, R. & REINECKE, H. "Plastificantes de todo tipo". *Revista de plásticos modernos* [en línea], 2012, 103(664), pp. 14-19. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/235967112_Plastificantes_de_todo_tipo

PELAEZ, M.P. y HERNÁNDEZ, S.A. "Accionando las 3R. Propuesta de educación ambiental". *Actas V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata* [en línea], 2019, (Buenos Aires), pp. 1-10. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/78600/Documento_completo.pdf?sequence=1

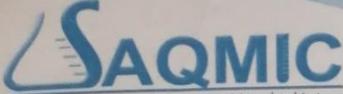
PIQUÉ, T.M. y VÁZQUEZ, A. "Uso de espectroscopía infrarroja con transformada de fourier (FTIR) en el estudio de la hidratación del cemento" *Concreto y Cemento. Investigación y Desarrollo* [en línea], 2012, (México) 3(2), pp. 62-71. [Consulta: 9 junio 2021]. ISSN 2007-3011. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ccid/v3n2/v3n2a4.pdf>

RAMIREZ, C.A., DELGADO, E. y ANDRADE, A. "Determinación del grado de desacetilación de quitosana mediante titulación potenciométrica , FTIR y Raman". *CIM* [en línea], 2016, (México) 4(1), pp. 769-776. ISSN 2007-8102. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/309493340_Determinacion_del_grado_de_desacetilacion_de_quitosana_mediante_titulacion_potenciometrica_FTIR_y_Raman

"Ranking Financiero". *Ekos* [en línea], 2014, 243, pp. 100-146. [Consulta: 23 junio 2021]. Disponible en: <https://issuu.com/ekosnegocios/docs/243>

ANEXOS

ANEXO A: PORCENTAJE DE PROTEÍNA DEL QUITOSANO


Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICOS

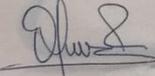
Fecha: 18 de Agosto del 2021
Análisis solicitado por: Sr. Jean Carlo Lascano Pérez
Tipo de muestras: Quitosano obtenido del exoesqueleto de camarón
(*Litopenaeus vannamei*)
Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	Resultados	Método
Proteína Bruta	%	14,48	Kjeldhal

Observaciones:

Atentamente,




Servicio de Análisis Químicos y Microbiológicos
Dra. Gina Álvarez
Telf.: 2 924 322 // Cel.: 0998580374

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes
Contáctanos: 0998580374 - 032942322 ó 0984648617
Riobamba – Ecuador

ANEXO B: PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL PAPEL PIEDRA

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 1
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,7
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	10,5
CARGA MÁXIMA (N)	118,5
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	11,29
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	14,3

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 2
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	2
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,7
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	10,5
CARGA MÁXIMA (N)	156,0
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	14,85
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	15,7

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 3
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	3
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPELOR (mm)	0,7
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	10,500
CARGA MÁXIMA (N)	86,5
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	8,23
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	8,6

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 4
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	4
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,000
CARGA MÁXIMA (N)	86,2
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	7,18
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	14,3

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA

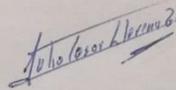


TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 5
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	5
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,000
CARGA MÁXIMA (N)	110,4
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	9,20
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	4,3

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 6
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	6
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,7
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	10,500
CARGA MÁXIMA (N)	97,5
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	9,28
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	5,7

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 7
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,7
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	10,5
CARGA MÁXIMA (N)	83,4
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	7,94
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	10,0

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 8
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	2
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,0
CARGA MÁXIMA (N)	78,2
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	6,51
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	14,29

Aprobado por

Julio Cesar Llerena



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 9
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	3
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,7
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	10,5
CARGA MÁXIMA (N)	65,4
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	6,22
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	5,71

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA

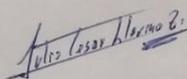


TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 10
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	4
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,0
CARGA MÁXIMA (N)	65,5
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	5,45
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	4,29

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 11
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	5
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,0
CARGA MÁXIMA (N)	52,1
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	4,34
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	10,0

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 12
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	6
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,0
CARGA MÁXIMA (N)	67,4
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	5,61
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	10,0

Aprobado por

Julio Cesar Llerena

ING. JULIO LLERENA

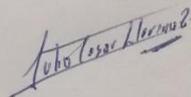


TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 13
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,0
CARGA MÁXIMA (N)	42,4
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	3,53
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	10,0

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 14
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	2
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,0
CARGA MÁXIMA (N)	39,4
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	3,28
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	18,6

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA

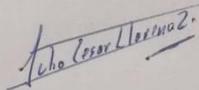


TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 15
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	3
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,0
CARGA MÁXIMA (N)	35,7
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	2,97
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	20,0

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

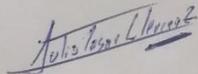


TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 16
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	4
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,9
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	13,5
CARGA MÁXIMA (N)	44,1
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	3,26
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	14,3

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

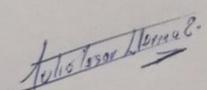


TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 17
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	5
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,0
CARGA MÁXIMA (N)	36,8
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	3,0,6
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	15,7

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 18
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	6
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,9
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	13,5
CARGA MÁXIMA (N)	41,9
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	3,1
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	18,6

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 19
REALIZADO POR	JÉAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPOSOR (mm)	0,7
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	10,5
CARGA MÁXIMA (N)	31,5
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	3,0
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	10,0

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 20
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	2
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,0
CARGA MÁXIMA (N)	20,5
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	1,7
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	2,9

Aprobado por

Julio Llerena



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 21
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	3
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,7
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	10,5
CARGA MÁXIMA (N)	20,3
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	1,93
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	7,1

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 22
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	4
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,7
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	10,5
CARGA MÁXIMA (N)	23,5
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	2,23
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	5,7

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA

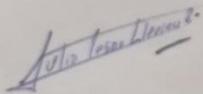


TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 23
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	5
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,0
CARGA MÁXIMA (N)	27,7
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	2,3
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	8,6

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Continuación - ANEXO B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 24
REALIZADO POR	JEAN CARLO LASCANO PÉREZ
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS EN LA OBTENCIÓN DE PAPEL PIEDRA A BASE DE CARBONATO DE CALCIO
TIPO DE MATERIAL	PAPEL PIEDRA
MATERIAL	PAPEL
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	6
FECHA DE FABRICACIÓN	2021/08/03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR BLANCO
ESPESOR (mm)	0,8
ANCHURA (mm)	15,0
LONGITUD INICIAL (mm)	70
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	12,0
CARGA MÁXIMA (N)	26,5
ESFUERZOMÁXIMO (MPa)	2,2
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	8,6

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO C: PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA



a)



b)



c)

a) Preparación de la materia prima

b) Secado de la materia prima

c) Reducción de tamaño de la materia prima

ANEXO C: OBTENCIÓN DEL QUITOSANO



a)



b)



c)

- a) Filtración del proceso de desmineralización
- b) Filtración del proceso de desproteínización
- c) Pesaje del quitosano obtenido

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DEL QUITOSANO OBTENIDO



a)



b)



c)

- a) Titulación potenciométrica
- b) Determinación de ceniza
- c) Determinación de materia insoluble

ANEXO E: FORMULACIONES PRELIMINARES DEL PAPEL PIEDRA



a)



b)



c)

a) Resultado 1

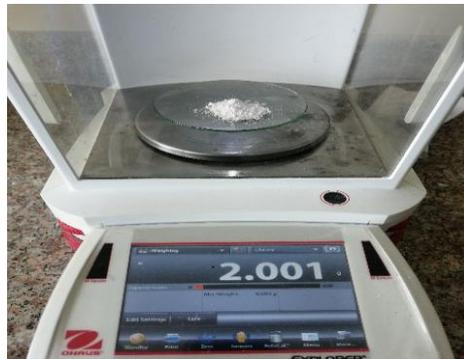
b) Resultado 2

c) Resultado 3

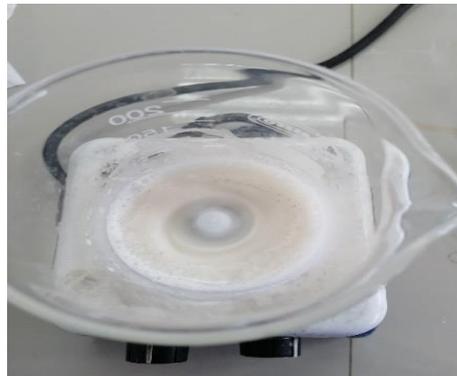
ANEXO F: PREPARACIÓN DE LA MEZCLA



a)



b)



c)

a) Pesaje del quitosano

b) Pesaje del carbonato de calcio

c) Homogenización de los reactivos en ácido acético

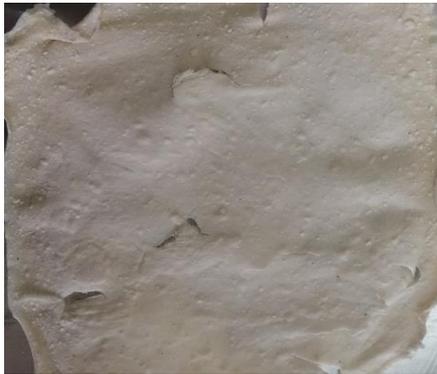
ANEXO G: OBTENCIÓN DEL PAPEL PIEDRA



a)



b)



c)

a) Esparcimiento de la muestra

b) Moldeado de la muestra

c) Secado de la muestra

ANEXO H: PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL PAPEL PIEDRA



a)



b)



c)

a) Muestra de probetas

b) Calibrador

c) Determinación de fuerza a la rotura y porcentaje de elongación

