UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

"EFECTO DEL PORCENTAJE DE MEDULACIÓN EN LA SOLIDEZ AL COLOR DE FIBRA DE ALPACA HUACAYA, DEL DISTRITO DE MACUSANI, CARABAYA-2024"

Jackelin Gomel Ccari

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Asesor(a): D. Sc. Dominga Micaela Cano Ccoa

Co- Asesor: Ing. Fredy Barreda Alvarez

Juliaca, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

"EFECTO DEL PORCENTAJE DE MEDULACIÓN EN LA SOLIDEZ AL COLOR DE FIBRA DE ALPACA HUACAYA, DEL DISTRITO DE MACUSANI, CARABAYA-2024"

Jackelin Gomel Ccari

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Asesor(a): D. Sc. Dominga Micaela Cano Ccoa

Co- Asesor: Ing. Fredy Barreda Alvarez

Juliaca, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

"EFECTO DEL PORCENTAJE DE MEDULACIÓN EN LA SOLIDEZ AL COLOR DE FIBRA DE ALPACA HUACAYA, DEL DISTRITO DE MACUSANI, CARABAYA-2024"

Jackelin Gomel Ccari

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE

INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Asesor(a): D.Sc. Dominga Micaela Cano Ccoa

Co- Asesor: Ing. Fredy Barreda Alvarez

Juliaca, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Gomel, J. (2025) *Efecto Del Porcentaje De Medulación en la Solidez al Color de Fibra de Alpaca Huacaya, del Distrito de Macusani, Carabaya-2024. (Tesis de pregrado).* Universidad Nacional de Juliaca.

AUTOR: Jackelin Gomel Ccari

TITULO: Efecto Del Porcentaje De Medulación en la Solidez al Color de Fibra de Alpaca Huacaya, del Distrito de Macusani, Carabaya-2024.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2026

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (202pp).

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones – Universidad Nacional de Juliaca

CÓDIGO: 04-000038-04/G61

NOTA: Incluye Bibliografía

ASESOR: D.Sc. Dominga Micaela Cano Ccoa

CO – ASESOR: Ing. Fredy Barreda Alvarez

PALABRAS CLAVE: fibra de alpaca, porcentaje de medulación, tipo de medulación, solidez del color

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

"EFECTO DEL PORCENTAJE DE MEDULACIÓN EN LA SOLIDEZ AL COLOR DE FIBRA DE ALPACA HUACAYA, DEL DISTRITO DE MACUSANI, CARABAYA-2024"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Presentada por:

Jackelin Gomel Ccari
Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

D.Sc. Julio Cesar Huanca Marin
PRESIDENTE DE JURADO

Dr. Jhon Richard Huanca Suaquita
JURADO (secretario)

2do MIEMBRO

Dr. Cesar Julio Larico Mamani
JURADO (Vocal)

3er MIEMBRO

D.Sc. Dominga Micaela Cano Ccoa
ASESOR DE TESIS

Ing. Fredy Barreda Alvarez
CO - ASESOR DE TESIS

Jackelin Gomel Ccari

EFECTO DEL PORCENTAJE DE MEDULACIÓN EN LA SOLIDEZ AL COLOR DE FIBRA DE ALPACA HUACAYA, DEL DISTRITO D...

Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::3117:625228685

Fecha de entrega
16 sep 2026, 9:16 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
16 sep 2026, 9:43 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
EFECTO DEL PORCENTAJE DE MEDULACIÓN EN LA SOLIDEZ AL COLOR DE FIBRA DE ALPACA HUAC....pdf

Tamaño del archivo
2.4 MB

197 páginas

47.349 palabras

244.613 caracteres

Firmado digitalmente por HUANCA GUAQUITA JHON RICHARD
DNI 40018874
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 17.09.2026 08:20:36 -05:00

15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

14% Fuentes de Internet
1% Publicaciones
6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

Caracteres reemplazados
77 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Firmado digitalmente por HUANCA SUAQUITA JHON RICHARD
DNI 46815874
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 17.04.2024 08:21:07 -05:00

DEDICATORIA

A Dios, por haberme concedido sabiduría, la fuerza y perseverancia necesarias para culminar esta etapa académica. Su guía y presencia han sido escenciales en toda mi formación academica.

A mis padres Eduardo y Marcelina por su amor incondicional, su esfuerzo incansable y por ser el pilar sobre el cual he construido mis metas. Su ejemplo de trabajo y dedicación ha sido una inspiración constante.

A mi abuela Doloriza por su cariño, sus enseñanzas llenas de sabiduría y su apoyo silencioso, pero siempre presente.

A mi compañero de vida quien estuvo a mi lado en cada esfuerzo, en cada desvelo y en cada duda.
Tu comprensión, ánimo y cariño fueron fundamentales para alcanzar esta meta.
Gracias por caminar conmigo en este proceso

A mis hermanos Joel y Abel, por su compañía, comprensión y aliento permanente a lo largo de este camino.

Jackelin Gomel Ccari

AGRADECIMENTO

Mis agradecimientos son a Dios, por concederme sabiduría, bienestar y la fortaleza para culminar satisfactoriamente mi proceso académico.

A la Universidad Nacional de Juliaca, por brindarme la formación académica y los valores que hoy me permiten dar un paso más en mi desarrollo personal y académico. Expreso también mi profundo agradecimiento a todos los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones por compartir generosamente conocimientos, experiencias y por su constante orientación a lo largo de mi carrera.

De manera muy especial, expreso mi gratitud a la Dr. Dominga Micaela Cano Ccoa, quien, como asesora de esta tesis, me brindó su guía, paciencia y compromiso académico, contribuyendo de manera significativa al desarrollo de este trabajo de investigación.

Agradezco sinceramente a los criadores alpaqueros de la provincia de Carabaya, quienes con apertura y colaboración permitieron el desarrollo de esta investigación. Su experiencia, conocimiento ancestral y participación activa fueron fundamentales para la realización de este estudio.

Jackelin Gomel Ccari

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....iii

AGRADECIMENTO.....iv

INDICE GENERAL.....v

INDICE DE TABLAS.....x

INDICE DE FIGURAS.....xi

INDICE DE ANEXOS.....xviii

RESUMEN.....xx

ABSTRACT.....xxi

INTRODUCCION.....xxii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....1

1.2 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....2

1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....2

1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICAS.....2

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....3

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....3

1.3.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....3

1.4 JUSTIFICACIÓN.....3

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....3

1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....3

1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....4

1.4.4 JUSTIFICACIÓN SOCIAL 5
1.5 LIMITACIONES 5
1.6 DELIMITACIONES 5
1.7 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS 6
1.7.1 HIPÓTESIS GENERAL 6
1.7.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS 6
1.8 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN 6
1.8.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: PORCENTAJE DE MEDULACIÓN 6
1.8.2 VARIABLE DEPENDIENTE: SOLIDEZ AL COLOR 6

CAPÍTULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES 8
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES 8
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES 10
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES 13
2.2 BASES TEÓRICAS 15
2.2.1 POBLACIÓN DE ALPACA 15
2.2.2 FIBRAS TEXTILES 15
2.2.3 CLASIFICACIÓN DE FIBRAS TEXTILES 16
2.2.4 FIBRA DE ALPACA 16
2.2.5 CLASIFICACIÓN DE FIBRA DE ALPACA 17
2.2.6 CARACTERÍSTICAS TEXTILES DE FIBRA DE ALPACA 18
2.2.7 MORFOLOGÍA DE LA FIBRA DE ALPACA 20
2.2.8 MEDULACIÓN 21
2.2.9 CLASIFICACIÓN DE MEDULAS 21

2.2.10 COLORANTES TEXTILES 23
2.2.11 CLASIFICACIÓN DE COLORANTES POR SU ORIGEN 24
2.2.12 CLASIFICACIÓN TINTORERA POR SU APLICACIÓN 24
2.2.13 COLORANTES SINTÉTICOS PARA TEÑIR FIBRAS PROTEICAS Y ANIMALE 25
2.2.14 COLORANTES SINTÉTICOS LANASET 28
2.2.15 AUXILIARES DE PROCESO DE TEÑIDO 30
2.2.16 IGUALANTE 31
2.2.17 FIJADOR DE PH. 31
2.2.18 MORDIENTE. 32
2.2.19 TEÑIDO 33
2.2.20 PROCESO DE TEÑIDO 35
2.2.21 ETAPAS DEL TINTURADO 35
2.2.22 PARÁMETROS DE CONTROL DE PROCESO DE TEÑIDO 36
2.2.23 CONTROL DE CALIDAD DE SUSTRATOS TEÑIDOS 38
2.2.24 ASPECTOS PARA LA EVALUACIÓN VISUAL 40
2.2.25 EVALUACIÓN DE SOLIDEZ AL COLOR 40
2.2.26 EVALUACIÓN DE LA SOLIDEZ AL LAVADO 40
2.2.27 EVALUACIÓN DE LA SOLIDEZ AL FROTE 41
2.2.28 ESCALA DE GRISES 42

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 AMBITO DE ESTUDIO 44
3.1.1 ÁMBITO DE ESTUDIO 44
3.2 DISEÑO METODOLÓGICO 44
3.2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN 44

3.2.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN....45
3.2.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN....45
3.3 POBLACIÓN....48
3.4 TIPO DE MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN....49
3.4.1 TAMAÑO DE MUESTRA....49
3.5 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS....49
3.5.1 TÉCNICA....49
3.5.2 INSTRUMENTOS....50
3.6 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS, PARA LA CLASIFICACION DEL PORCENTAJE DE MEDULACON DE FIBRA DE ALPACA....51
3.6.1 CLASIFICACIÓN DE FIBRA DE ALPACA SEGÚN TIPO DE MEDULACIÓN....51
3.6.2 REACTIVOS....52
3.6.3 EQUIPOS....52
3.7 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS, PARA EL PROCESO DE TEÑIDO Y PRUEBA DE SOLIDEZ AL COLOR....52
3.7.1 SUSTRATO TEXTIL....52
3.7.2 REACTIVOS Y AUXILIARES TEXTILES....53
3.7.3 EQUIPOS....54
3.8 PROCEDIMIENTO PARA LA CLASIFICACION DEL PORCENTAJE DE MEDULACON DE FIBRA DE ALPACA....57
3.8.1 TOMA DE MUESTRAS....57
3.8.2 LAVADO DE MUESTRAS....57
3.8.3 CORTE DE FRAGMENTOS....57
3.8.4 PREPARACIÓN DE MUESTRAS....57
3.8.5 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE MEDULACIÓN....57

3.9 PROCEDIMIENTO PARA EL PROCESO DE TEÑIDO Y PRUEBA DE SOLIDEZ AL COLOR....58
3.9.1 PESADO DE FIBRA....58
3.9.2 PRETRATAMIENTO....58
3.9.3 PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA....60
3.9.4 PARÁMETROS CONTROLADOS....64
3.7.3. ENJUAGADO....65
3.9.5 SECADO....65
3.10 PRUEBAS DE SOLIDECES AL COLOR DE FIBRA DE ALPACA....66
3.10.1 EVALUACIÓN DE SOLIDEZ DE COLOR AL FROTE EN SECO....66
3.10.2 EVALUACIÓN DE SOLIDEZ DE COLOR AL LAVADO....68

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS....70
4.1.1 SUPUESTOS DE ANOVA PARA LA SOLIDEZ DEL COLOR DEL PORCENTAJE DE MEDULACIÓN....70
4.1.2 SUPUESTOS DE ANOVA PARA LA SOLIDEZ DEL COLOR AL FROTE POR TIPO DE MEDULACIÓN....72
4.1.3 SUPUESTOS DE ANOVA PARA LA SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO POR TIPO DE MEDULACIÓN....78
4.2 RESULTADOS POR OBJETIVOS....85
4.2.1 OBJETIVO GENERAL....85
4.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 1....90
4.2.3 OBJETIVO ESPECÍFICO 2....110

4.3 DISCUSION 130

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES 133

5.2 RECOMENDACIONES 134

REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS 136

ANEXOS 143

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: *Clasificación de calidades de fibra de alpaca* 18
Tabla 2: *Clasificación de colorante por su aplicación*..... 25
Tabla 3: *Información química del colorante Lanaset 4GN* 29
Tabla 4: *Información química del colorante Lanaset 2R* 30
Tabla 5: *Información química del Acetato de sodio* 32
Tabla 6: *Información química del Ácido acético*..... 32
Tabla 7: *Información química de sal industrial*..... 33
Tabla 8: *Descripción de las fuentes de luz*..... 39
Tabla 9: *Composición de la Multifibra* 41
Tabla 10: *Condiciones de ensayo de solidez de color al lavado*..... 41
Tabla 11: *Modelo estadístico para el diseño factorial 2k (k=4)* 47
Tabla 12: *Descripción del diseño experimental* 48
Tabla 13: *Materiales para porcentaje de Medulación* 51
Tabla 14: *Materiales para el proceso de teñido y solidez al color* 52
Tabla 15: *Intervalo de calificación de escala de grises* 56
Tabla 16: *Calculo para el pretratamiento de fibra de alpaca replica N°1* 59
Tabla 17: *Calculo para el pretratamiento de fibra de alpaca replica N°2* 60
Tabla 18: *Parámetros no controlables en el proceso de teñido de fibra de alpaca* 63
Tabla 19: *Parámetros controlables del teñido de fibra de alpaca* 65
Tabla 20: *Parámetros aplicados en la solidez al frote* 67
Tabla 21: *Parámetros aplicados en la solidez al lavado*..... 69
Tabla 22: *Resultados para la solidez de color del porcentaje de medulación (prueba de Ryan- Joiner)* 70
Tabla 23: *Prueba de Levene para la solidez del color del porcentaje de medulación* 71
Tabla 24: *Resultados para la solidez de color al frote de fibra con tipo de medulación fragmentada (prueba de Ryan- Joiner)*..... 72
Tabla 25: *Prueba de Levene para la solidez del color al frote de fibra con tipo de medulación fragmentada*..... 73
Tabla 26: *Resultados para la solidez de color al frote de fibra con tipo de medulación fragmentada (prueba de Ryan- Joiner)*..... 73
Tabla 27: *Prueba de Levene para la solidez del color al frote de fibra con tipo de medulación discontinua* 74

Tabla 28: *Resultados para la solidez de color al frote de fibra con tipo de medulación continua (prueba de Ryan- Joiner)* 75
Tabla 29: *Prueba de Levene para la solidez del color al frote de fibra con tipo de medulación continua* 76
Tabla 30: *Resultados para la solidez de color al frote de fibra con tipo fuertemente medulada (prueba de Ryan- Joiner)* 77
Tabla 31: *Prueba de Levene para la solidez del color al frote de fibra con tipo fuertemente medulada* 78
Tabla 32: *Resultados para la solidez de color al lavado en fibra de fibra con tipo de medulación fragmentada (prueba de Ryan- Joiner)* 79
Tabla 33: *Prueba de Levene para la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación fragmentada*.....79
Tabla 34: *Resultados para la solidez de color al lavado en fibra con tipo de medulación discontinua (prueba de Ryan- Joiner)* 80
Tabla 35: *Prueba de Levene para la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación discontinua* 82
Tabla 36: *Resultados para la solidez de color al lavado en fibra con tipo de medulación continua (prueba de Ryan- Joiner*) 82
Tabla 37: *Prueba de Levene para la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación continua* 83
Tabla 38: *Resultados para la solidez de color al frote en fibra con tipo fuertemente medulada (prueba de Ryan- Joiner)* 84
Tabla 39: *Prueba de Levene para la solidez del color al lavado en fibra con tipo fuertemente medulada* 85
Tabla 40: *Resultados descriptivos de la solidez de color de la fibra de alpaca*.....86
Tabla 41: *Análisis de varianza de la solidez de color en fibras con porcentaje de medulación* 87
Tabla 42: *Resultados descriptivos de la solidez de color al frote de fibra de alpaca con tipo de medulación fragmentada*.....91
Tabla 43: *Análisis de varianza de la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación fragmentada*.....92
Tabla 44: *Resultados descriptivos de la solidez de color al frote de fibra de alpaca con tipo de medulación discontinua*.....96

Tabla 45: *Análisis de varianza de la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación discontinua* 97
Tabla 46: *Resultados descriptivos de la solidez de color al frote de fibra de alpaca con tipo de medulación continua* 101
Tabla 47: *Análisis de varianza de la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación continua* 102
Tabla 48: *Resultados descriptivos de la solidez de color al frote de fibra de alpaca con tipo de fuertemente medulada* 106
Tabla 49: *Análisis de varianza de la solidez de color al frote en fibras con tipo de fuertemente medulada* 107
Tabla 50: *Resultados descriptivos de la solidez de color al lavado de fibra de alpaca con tipo de medulación fragmentada* 111
Tabla 51: *Análisis de varianza de la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación fragmentada* 112
Tabla 52: *Resultados descriptivos de la solidez de color al lavado de fibra de alpaca con tipo de medulación discontinua* 116
Tabla 53: *Análisis de varianza de la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación discontinua* 117
Tabla 54: *Resultados descriptivos de la solidez de color al lavado de fibra de alpaca con tipo de medulación continua* 121
Tabla 55: *Análisis de varianza de la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación continua* 122
Tabla 56: *Resultados descriptivos de la solidez de color al lavado de fibra de alpaca con tipo de fuertemente medulada* 126
Tabla 57: *Análisis de varianza de la solidez de color al lavado en fibras con tipo de fuertemente medulada* 127

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: *Localización de la zona corporal utilizada para la toma de la muestra de fibra en la alpaca* 19
Figura 2: *Morfología de medulación de fibra de alpaca* 20
Figura 3: *Fotografía microscópica fibras no meduladas* 21
Figura 4: *Fotografía microscópica fibras de medula fragmentada* 22
Figura 5: *Fotografía microscópica fibras de medula discontinua* 22
Figura 6: *Fotografía microscópica fibras de medula continua* 22
Figura 7: *Fotografía microscópica fibras de fuertemente medulada* 23
Figura 8: *Clasificación de fibra según el tipo de medulación* 23
Figura 9: *Estructura molecular de colorantes ácidos* 26
Figura 10: *Estructura molecular de colorante reactivo* 26
Figura 11: *Estructura molecular del colorante de reactividad baja* 27
Figura 12: *Estructura molecular del colorante complejo metálico 1:2* 27
Figura 13: *Estructura molecular del colorante Lanaset 4GN* 29
Figura 14: *Estructura molecular de colorante Lanaset 2R* 30
Figura 15: *Descripción grafica del teñido* 33
Figura 16: *Diagrama de flujo del proceso de teñido y acabado* 34
Figura 17: *Curva de teñido estándar* 35
Figura 18: *Difusión de la fibra* 36
Figura 19: *Migración del proceso de teñido* 36
Figura 20: *Geometría de observación* 40
Figura 21: *Escala de grises para cambio de color* 43
Figura 22: *Escala de grises de transferencia de color* 43
Figura 23: *Mapa de la provincia de Carabaya* 44
Figura 24: *Tipos de medulación ilustrativas en 3D* 51
Figura 25: *Data color Ahiba IR* 54
Figura 26: Laundreometer AC10-84 54
Figura 27: Crockmeter ATLAS 55
Figura 28: *Estufa* 55
Figura 29: *Cabina de luz* 56
Figura 30: *Lamina de escala de gris* 56
Figura 31: *Secuencia fotográfica del proceso de caracterización de la medula* 58
Figura 32: Curva de pretratamiento 59

Figura 33: *Diagrama de flujo proceso de teñido* 61
Figura 34: *Diagrama de bloque del proceso de teñido* 62
Figura 35:*Curva de teñido para muestra de fibra de alpaca* 66
Figura 36: *Secuencia fotográfica del proceso de teñido* 66
Figura 37: *Secuencia fotográfica de solidez de color al frote* 68
Figura 38: *Secuencia fotográfica de solidez de color al lavado* 69
Figura 39: *Grafica de probabilidad normal de solidez de color en porcentaje de medulación* 71
Figura 40: *Grafica de probabilidad normal de solidez de color al frote de fibra con tipo de medulación fragmentada (Anexo 23 residuos)* 72
Figura 41: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al frote de fibra con tipo de medulación discontinua (Anexo 23 residuos)* 74
Figura 42: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al frote de fibra con tipo de medulación continua (Anexo 23 residuos)* 76
Figura 43: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al frote de fibra con tipo fuertemente medulada (Anexo 23 residuos)* 77
Figura 44: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación fragmentada (Anexo 23 residuos)* 79
Figura 45: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación discontinua (Anexo 23 residuos)* 81
Figura 46*: Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación continua (Anexo 23 residuos*) 83
Figura 47: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al lavado en fibra con tipo fuertemente medulada (Anexo 23 residuos)* 84
Figura 48: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color en fibras con porcentaje de medulación* 88
Figura 49: *Grafica de efectos principales de la solidez de color en fibras con porcentaje de medulación* 89
Figura 50: *Grafica de las interacciones para la solidez de color en fibras con porcentaje de medulación* 90
Figura 51: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación fragmentada* 93
Figura 52: *Grafica de efectos principales de la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación fragmentada* 94

Figura 53: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación fragmentada*.....95
Figura 54: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación discontinua*.....98
Figura 55: *Grafica de efectos principales de la solidez al frote en fibras con tipo de medulación discontinua*.....99
Figura 56: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación discontinua*.....100
Figura 57: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación continua*.....103
Figura 58: *Grafica de efectos principales de la solidez al frote en fibras con tipo de medulación continua*.....104
Figura 59: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación continua*.....105
Figura 60: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al frote en fibras con tipo de fuertemente medulada*.....108
Figura 61: *Grafica de efectos principales de la solidez al frote en fibras con tipo de fuertemente medulada*.....109
Figura 62: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al frote en fibras con tipo de fuertemente medulada*.....110
Figura 63: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación fragmentada*.....113
Figura 64: *Grafica de efectos principales de la solidez al lavado en fibras con tipo de medulación fragmentada*.....114
Figura 65: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación fragmentada*.....115
Figura 66: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación discontinua*.....118
Figura 67: *Grafica de efectos principales de la solidez al lavado en fibras con tipo de medulación discontinua*.....119
Figura 68: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación discontinua*.....120
Figura 69: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación continua*.....123

Figura 70: *Grafica de efectos principales de la solidez al lavado en fibras con tipo de medulación continua* 124
Figura 71: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación continua* 125
Figura 72: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de fuertemente medulada* 128
Figura 73: *Grafica de efectos principales de la solidez al lavado en fibras con tipo de fuertemente medulada* 129
Figura 74: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de fuertemente medulada* 130

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: *Matriz de consistencia*.....143
Anexo 2: *Constancia del Centro de Innovación Productiva y Transparencia Tecnológica – CITE Textil Camélidos Cusco* 145
Anexo 3: *Ficha de registro de resultados del porcentaje de medulación*.....146
Anexo 4: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación fuertemente medulada*.....149
Anexo 5: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación fuertemente medulada*.....150
Anexo 6: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación continua* 151
Anexo 7: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación continua* 152
Anexo 8*: Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación discontinua* 153
Anexo 9: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación discontinua* 154
Anexo 10: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación fragmentada* 155
Anexo 11*: Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación fragmentada* 156
Anexo 12: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al frote fuertemente medulada*.....157
Anexo 13*: Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al frote medulación continua*.....158
Anexo 14: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al frote medulación discontinua* 159
Anexo 15: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al frote medulación fragmentada*.....160
Anexo 16: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al lavado fuertemente medulada* 161
Anexo 17: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al lavado medulación continua*.....162
Anexo 18: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al lavado medulación discontinua* 163
Anexo 19: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al lavado medulación fragmentada*.....164

Anexo 20: *Tabla de residuos de los tipos de medulación para la solidez de color al frote y al lavado* 165
Anexo 21: *Evidencia Fotográfica del Muestreo de fibra de alpaca* 167
Anexo 22: *Fotografía de Muestras de fibra de alpaca Huacaya extraídas del distrito de Macusani* 167
Anexo 23: *Fotografía Muestras de fibra de alpaca codificada para la limpieza* 168
Anexo 24: *Fotografía Muestras de fibra de alpaca en el proceso de limpieza* 168
Anexo 25: *Fotografía Preparación de muestra de fibra de alpaca para el análisis de medulación* 169
Anexo 26: *Fotografía Análisis del porcentaje de medulación* 169
Anexo 27*: Resultados microscópicos del modulómetro* 170
Anexo 28: *Fotografía de Colorantes y auxiliares para el proceso de teñido* 170
Anexo 29: Fotografía de Pesado de la muestra de fibra de alpaca 171
Anexo 30*: Programación del proceso de teñido en el equipo data color* 171
Anexo 31: *Muestras teñidas* 172
Anexo 32: *Fotografía de Prueba de control de calidad solidez de color al frote en seco* 172
Anexo 33*: Fotografía de prueba de control de calidad solidez de color al lavado* 173
Anexo 34*: Evaluación de la solidez al color con escala de grises* 173

RESUMEN

El estudio tuvo la finalidad determinar los efectos del porcentaje de medulación en la solidez de color en la fibra de alpaca en el distrito de Macusani durante el año 2024. La metodología experimental factorial 2k con 4 factores de estudio, de nivel explicativo, utilizando 32 muestras por cada tipo de medulación sometidas a pruebas de calidad en solidez al frote y lavado. Los resultados muestran las fibras con medulación fragmentada, alcanzaron buena solidez con grado 5 a 4.5, mientras la discontinua y continua alcanzaron una solidez mala a regular entre 2 a 3.5, y el tipo fuertemente medulada obtuvo una solidez de color al frote de mala a regular entre 2 – 3, considerando el 6% de concentración de colorante, 2.8g/L mordiente, temperatura 90°C y tiempo 160 min, los resultados estadísticos ANOVA muestran un valor de $p < 0.05$ es decir los tipos de medulación teñidas con colorante lanaset influyen significativamente en la solidez de color al frote, también se obtienen resultados para la solidez al lavado, la medulación fragmentada alcanzo buena solidez en grado 4 mientras que la discontinua y continua se obtienen mala a regular de solidez al lavado entre 2 – 3.5 y el tipo fuertemente medulada solidez mala con grado 2, los parámetros de teñido más significativos son concentración de colorante y mordiente en 6% y 2.8g/L, manteniendo temperatura de 80 a 90°C y tiempo de 120 a 160min, el análisis estadístico ANOVA, con valor de $p < 0.05$, entonces, los tipos de medulación teñidas influyen en la solidez de color al lavado cada una de manera particular. En conclusión, el tipo de medulación es un factor que influye en la fijación del color de fibra de alpaca en la solidez al color, un parámetro relevante para optimizar la eficiencia y los resultados en la industria textil.

Palabras clave: fibra de alpaca, porcentaje de medulación, tipo de medulación, solidez del color, solidez al frote, solidez al lavado.

ABSTRACT

The present study aimed to determine the effects of the percentage of medullation on color fastness in Huacaya alpaca fiber in the district of Macusani during 2024. An experimental methodology based on a 2^k factorial design with four study factors was applied, at an explanatory level, using 32 samples for each type of medullation, which were subjected to rubbing and washing color fastness tests. The results showed that fibers with fragmented medullation achieved good color fastness, with grades ranging from 4.5 to 5, whereas discontinuous and continuous medullation types exhibited poor to fair color fastness, with values between 2 and 3.5. Finally, strongly medullated fibers showed poor to fair rubbing color fastness, with grades between 2 and 3, under dyeing conditions of 6% dye concentration, 2.8 g/L mordant, a temperature of 90 °C, and a dyeing time of 160 minutes. Likewise, the statistical analysis (ANOVA) revealed p-values lower than 0.05, indicating that the different types of medullation dyed with Lanaset dye significantly influence rubbing color fastness. Regarding washing color fastness, fragmented medullation fibers reached good fastness with a grade of 4, while discontinuous and continuous medullation types exhibited poor to fair washing fastness, with values between 2 and 3.5. Strongly medullated fibers showed poor washing fastness, with a grade of 2. The most significant dyeing parameters were dye concentration and mordant level, at 6% and 2.8 g/L, respectively, maintaining temperatures between 80 and 90 °C and dyeing times from 120 to 160 minutes. Similarly, the ANOVA results showed p-values lower than 0.05, confirming that medullation types significantly influence washing color fastness, each in a distinct manner. In conclusion, the type of medullation is a determining factor in color fixation in alpaca fiber for both rubbing and washing color fastness, constituting a relevant parameter for optimizing efficiency and outcomes in the textile industry.

Keywords.: Alpaca fiber, Medulation percentage, Medullation type, color fastness.

INTRODUCCION

La fibra de alpaca Huacaya, se caracteriza por su suavidad, resistencia y excelentes propiedades térmicas, constituye uno de los principales productos de exportación del Perú, principalmente en la región como Macusani conocida como “la capital Alpaquera del Perú”. Por ello es uno de los principales exportadores en el Perú.

Se distingue por su condición geográfica y climática únicas, que en mayoría favorecen en el desarrollo de alpacas cuya fibra posee una característica única, por ello en el principal factor que puede influir significativamente en la calidad de la fibra que es el grado de medulación, es decir, la presencia de una estructura interna hueca o parcialmente hueca en las fibras pilosas, lo cual afecta tanto su comportamiento físico como químico.

En tema, del porcentaje de medulación tiene un impacto directo en la solidez al color de la fibra teñida, un atributo clave para garantizar la calidad del producto final en la industria textil. Por lo cual, la medulación puede generar variaciones en la absorción de tintes, lo que a su vez influye en la uniformidad y durabilidad del color. Entonces nos genera un aspecto resultante demasiado crucial, debido a la demanda internacional exigen estándares rigurosos en términos de claridad y en la consistencia de los productos derivados de fibras naturales.

La presente investigación tiene como objetivo Determinar los efectos del porcentaje de medulación en la solidez de color en la fibra de alpaca Huacaya, Distrito de Macusani – 2024, que busca comprender como este factor biológico influye en las propiedades de teñido y, por ende, en la competitividad de la producción textil regional. se empleará equipos especializados que simulan condiciones de, lavado y fricción. Obteniendo datos precisos y confiables, los cuales servirán como base para proponer mejoras en los procesos de selección de fibras y optimización del teñido.

La presencia de la médula representa un problema para la industria textil porque fibras meduladas tienden a refractar la luz y cuando se le somete al teñido de los hilos, estas fibras no toman la misma tonalidad como las fibras meduladas por lo cual representa un aspecto negativo en la fibra de alpaca, muchos investigadores tratan de explicar el comportamiento de la existencia de médula en la fibra, entre las cuales se ha llegado a proponer el porcentaje de medulación de las fibras como criterio de selección (Gutiérrez, 2018).

Por consiguiente, actualmente hay estudios con relación en características textiles de fibra de alpaca con el porcentaje de medulación, así mismo existen estudios que evalúan las variables

y parámetros del proceso de teñido que impacta en la solidez al color, sin embargo existen escasos estudios que analicen el efecto del porcentaje de medulación en la solidez al color de fibra de alpaca Huacaya y es evidente que para alcanzar los estándares de calidad en el proceso de teñido, primero se mejore la producción y calidad de la fibra de alpaca Huacaya, para no generar costos adicionales y mayor tiempo en el proceso, en las industrias textiles de tintorería.

La investigación se organizó: Capítulo I planteamiento de problema, se evidencia de forma conjunta la realidad problemática, los problemas y objetivos tanto generales como específicos, justificación y planteamiento de hipótesis que consta de posibles respuestas a la investigación, juntamente con las variables dependientes e independiente; Capítulo II Revisión de literatura, se muestran estudios relacionadas con las variables de estudio, así como las bases teóricas; Capítulo III, Materiales y Métodos, se presentan el diseño, tipo, población - muestra y muestreo, así como las técnicas e instrumentos; Capítulo IV, Resultados y Discusión, se presentan los resultados en base a los objetivos, y la contrastación con otros estudios con respecto a los resultados obtenidos; Capítulo V, Conclusiones y Recomendaciones, son redactados en base a cada objetivo planteado y referencias con anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La fibra de alpaca posee un alto potencial para las actividades textiles debido a sus propiedades físicas, lo que permite la utilización de materia prima, en la confección de prendas sofisticadas, interiores suaves y productos de menor calidad como alfombras. Sin embargo la calidad se determina por propiedades textiles, que destacan, la finura, el diámetro de la fibra, el porcentaje de medulación, el factor de confort y el factor de picazón, que influyen directamente en el rendimiento y valor final del producto (Cruz, 2017). Además, Arteaga, (2023), la industria manufacturera textil es importante en el Perú, dado que, busca la mejora continua, en estandarizar procesos y calidad, en específico en formulaciones de teñido y acabado de productos finales.

Por otra parte, Miranda, (2022), el vellón de fibra de alpaca es clasificada, por el tipo de medulación; fuertemente medulada, medula continua, discontinua, fragmentada y las no meduladas. Son un obstáculo en manufactura textil, que dañan la calidad en las fibras teñidas, por ende, el producto final, entonces, la medulación es considerada una fibra objetable o contaminante. A si mismo McGregor (2018), menciona las fibras con presencia de medula tienden a reposar sobre hilos y tejidos, lo que genera que las fibras meduladas teñidas tengan una apariencia más clara o jaspeada, pues, las medulas afectan las propiedades ópticas de la luz, que pasa por difracción de la fibra, mas no por diferencia de absorción de tinte por presencia de la queratina. Ademas, Lupton *et al.,* (2006) destaca los grados de medulación que posee los vellones de fibra de alpaca tiene una influencia en la apariencia y la capacidad del teñido, generando el uso mayor de colorantes y agua.

Además, Cruz *et al.,* (2019), sugiere que la industria textil aumentaría el interés, en la fibra de alpaca si se lograra eliminar o reducir el porcentaje de medulación, lo que generaría un mejor posicionamiento de productos finales en base a fibra de alpaca en los mercados textiles, sin embargo, presenta limitaciones por la variabilidad del diámetro e incidencia de medulación. Así mismo Barreda, (2020), menciona que las industrias textiles más grandes del Perú Michell

e Inca Tops, tienen limitaciones en los procesos de cardado, hilado y teñido por las irregularidades que existe en la finura de fibra y existencia de fibras meduladas, afectando de manera directa la calidad del teñido, ya que, la presencia de medula en las fibras hace que la coloración presente tonos heterogenias.

El Distrito de Macusani Provincia de Carabaya reconocida como "capital mundial de la alpaca" se han identificado desafíos de los pequeños productores y artesanos que enfrentan dificultades para cumplir con los requisitos técnicos debido a la falta de equipos especializados para medir parámetros como la medulación y el diámetro de fibra. Además los artesanos enfrentan dificultades en la cadena productiva de la fibra de alpaca específicamente en el proceso de teñido, puesto que no existe normativas claras para la selección y tratamiento de la fibra en función al tipo de medulación, lo que ocasiona problemas en la calidad de coloración particularmente en la medición de calidad en solidez al color al frote y lavado, reduciendo la calidad del producto y afectando la sostenibilidad económica de los pequeños productores y artesanos alpaqueros del Distrito de Macusani, ya que el vellón de fibra de alpaca generalmente posee diferentes tipos de medulación, incluso es variable de acuerdo al diámetro de finura, pues las más finas no poseen medulación o kemp, llegan a tener medulas fragmentadas, en un vellón de fibra de alpaca es posible que posea hasta un 10% de fibras gruesas en alpacas con menores de 18 micras (Hunter, 2020).

A pesar de la importancia del porcentaje de medulación en fibra de alpaca, las investigaciones que relaciónan el porcentaje de medulación y la solidez al color en fibra de alpaca Huacaya teñidos con colorante "Lanaset" son aún escasos, limitando la posibilidad para desarrollar los procesos de teñido para el beneficio de la calidad del producto final. La escaza indagación aplicada en el Distrito de Macusani, zona emblemática de obtencion de fibra de alpaca, crea la necesidad de analizar esta problemática para optimizar la cadena productiva de la fibra.

1.2 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son los efectos del porcentaje de medulación en la solidez de color de la fibra de alpaca Huacaya, Distrito de Macusani -2024?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICAS

- ¿Cuáles son los efectos del tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset en la solidez de color al frote en fibra de alpaca Huacaya?

- ¿Cuáles son los efectos del tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset en la solidez de color al lavado en teñidos de fibra de alpaca Huacaya?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos del porcentaje de medulación en la solidez de color en la fibra de alpaca Huacaya, Distrito de Macusani – 2024.

1.3.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar los efectos del tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset en la solidez de color al frote en fibra de alpaca Huacaya
- Examinar los efectos del tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset en la solidez de color al lavado en teñidos de fibra de alpaca Huacaya

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El estudio surge debido a que la industria textil realiza procesos de teñido de fibras proteicas donde la calidad del proceso de coloración es fundamental la estructura interna de la fibra. En este contexto, Quispe *et al.,* (2013) resalta que la presencia de fibras meduladas, las se clasifican en; fuertemente medulada (> 85%), medula continua (30 – 65 %), medula discontinua (65 – 80%), medula fragmentada (10 -40%) y no medulada (0 - 8%), respectivamente, ya que puede generar resultados no uniformes, con fibras más claras o con presencia de manchas. Asimismo, la Norma Técnica Peruana NTP 231.004, (2008) establece que la solidez del color es un aspecto fundamental, pues permite evaluar la calidad del teñido mediante especificaciones de colorimetría y el uso de una escala de grises, con el fin de valorar la transferencia del color.

Por tanto, en esta investigación se emplea el teñido de fibras con porcentaje de medulación con el colorante lanaset, que está diseñado para dar color a fibras proteicas como la fibra de alpaca, a diferencia del colorante solofenil está diseñada para la coloración de fibras celulósicas.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La investigación es práctica, ya que se obtiene información experimental sobre el comportamiento de la medula de la fibra de alpaca, en el proceso de teñido. Puesto que, en la región de Puno como a nivel Nacional, el estudio de la estructura interna de la fibra de alpaca es una característica fundamental en la actualidad para determinar la excelencia del proceso de fijación de color, por tanto, una mayor compresión a cerca de la influencia del porcentaje de

medulación en el proceso de teñido permitirá optimizar los procesos de teñido y generar un valor agregado, beneficiando directamente a los artesanos del Distrito de Macusani e indirectamente a las industrias textiles. (Barreda, 2020)

Así mismo, Miranda, (2022) destaca que la solidez del color en el teñido de fibra de alpaca Huacaya se ve afectada por la presencia de meduladas, kemp y objetables, sin embargo, este factor limita los estándares de calidad a los artesanos del Distrito de Macusani, talleres tintoreros en la Región de Puno así mismo, el mercado Nacional. En la misma línea McGregor, (2018). Señala que un alto porcentaje de médula genera teñidos no homogéneos y con apariencia jaspeada, lo cual reduce la competitividad de los productos en los mercados especializados

Entonces, la investigación propone como objetivo estudiar la solidez del color en fibras de alpaca con diferentes tipos de medulación. Esto permitirá mejorar los procesos de teñido en la industria textil de tintorería y, al mismo tiempo, reducir costos adicionales derivados de teñidos defectuosos.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El trabajo, se justifica metodológicamente con la aplicación del diseño experimental factorial 2^k, donde k = 4, que ayudara en analizar de manera exacta los efectos del porcentaje de medulación y la fijación del color en la fibra de alpaca Huacaya. Este diseño resulta pertinente porque posibilita evaluar simultáneamente la influencia de cuatro factores relevantes en el proceso de teñido: concentración de colorante (4GN4 y B6 %), concentración de mordiente (2.8 y 1.8 g/L), tiempo de teñido (160 y 120 minutos) y temperatura (90 y 80 °C). El diseño aplicado es adecuado, puesto que nos ayuda en obtener información de los efectos de los factores y su interacción, ya que es necesario comprender el impacto de las variables en estudio para la solidez al color en función al porcentaje de la medulación, por tanto, ayuda en aportar un valor practico para la industria textil.

De esta manera, con el enfoque metodológico propuesto no solo asegura el rigor científico y la validez de los resultados, sino que también permite obtener evidencia objetiva y aplicable a los procesos de teñido industrial o artesanal. Con ello, se contribuye a optimizar la calidad de los productos textiles derivados de la fibra de alpaca Huacaya y a fortalecer la competitividad de la cadena productiva alpaquera en el mercado regional, nacional e internacional.

1.4.4 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El diámetro, la tasa de medulación y el factor de confort son fundamentales para la selección de las alpacas y la clasificación de la fibra (Pinares *et al.,* 2019). Por otro lado, la industria textil es la encargada de transformar la materia prima de fibra de alpaca, vicuña y otras fibras de manufactura, en productos textiles más vendidos en los mercados internacionales, además, en los últimos años el crecimiento del sector textil ha sido notoria.(Gonzalez, 2021).

Asimismo, las industrias más reconocidas en el Perú que están encargadas de procesar la fibra de alpaca y transformar en telas o prendas de vestir son "Michell", "Inca Tops" y "Texao Lana", además son las principales exportadoras de fibra de alpaca procesada (Textilinca, 2022). El propósito de dicha investigación es aportar de manera directa e indirecta a los talleres dedicadas al proceso de teñido de fibra de alpaca, asimismo a las asociaciones de pequeños productores alpaqueros y talleres artesanales del Distrito de Macusani y la región de Puno ya que, con los resultados obtenidos, se tendrá presente la calidad del teñido, la presencia del porcentaje de medulación, para obtener productos, con estándares de calidad, para mercados competitivos.

1.5 LIMITACIONES

El estudio se desarrolló exclusivamente en fibra de alpaca del Distrito de Macusani en la campaña de esquila del 2024 previa selección de alpacas machos, blanco de edad BLL, así mismo el porcentaje de medulación se realizó mediante la observación microscópica con el quipo Fiber Med. Además en la investigación se desarrolló el teñido con colorantes sintéticos (Lanaset) en fibras con presencia de porcentaje de medula, clasificadas por el equipo Fiber Med en: fuertemente medulada (89.57 - 96.82%), continua (49.91- 62.90%), discontinua (65.32 - 77.81%) y fragmentada (24.99 - 41.50), las pruebas experimentales son realizada a nivel de laboratorio, los niveles de los factores del teñido sintéticos se establecieron por pruebas piloto (concentración de colorante Amarillo 4GN 4% y violeta B 6%, concentración de mordiente 2.80 y 1.80 gr/L, tiempo 160 y 120 min, temperatura 90 y 80 °C), se evaluó la solidez al color al frote en seco y la solidez al color al lavado en sustratos de fibra de alpaca con presencia de medula, estableciendo la cantidad ideal del colorante sintético (Lanaset), la concentración optima del mordiente, el tiempo y temperatura apropiado.

1.6 DELIMITACIONES

- Delimitación espacial: El estudio se desarrollo en la region de Puno, Provincia de Carabaya, Distrito de Macusani, con una altitud 4315 m.s.n.m

- Delimitación temporal: La investigación se desarrolló durante el año 2024

1.7 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.7.1 HIPÓTESIS GENERAL

El porcentaje de medulación tiene efectos significantes en la solidez de color en la fibra de alpaca Huacaya, Distrito de Macusani -2024

1.7.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset tiene efectos significativos en la solidez de color al frote en fibra de alpaca Huacaya.
- El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset tiene efectos significativos en la solidez de color al Lavado de fibra de alpaca Huacaya

1.8 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: PORCENTAJE DE MEDULACIÓN

- **Definición conceptual:** El porcentaje de medulación es clasificada según sus características morfológicas en función a su aspecto microscópico son clasificados en, fuertemente medulada, medula continua, medula discontinua, medula fragmentada y no medulada. Por otro lado, las medulas de fibra de alpaca están constituida por células encogidas, con presencia de un canal central hueco en la estructura medular que están lleno de aire o parcialmente con aire. (Tridico, 2009).
- **Definición operacional:** para el teñido sintético en fibra de alpaca con porcentaje de medulación se evaluó la medulación, tomando en cuenta a factores del proceso de teñido colorante lanaset (amarillo al 1% y violeta al 1%), concentración del mordiente (2.8g/l – 1.80 g/l), tiempo (160 min – 120 min) y temperatura (90°C – 80°C)

1.8.2 VARIABLE DEPENDIENTE: SOLIDEZ AL COLOR

- **Definición conceptual:** Es la resistencia de un material a cambiar en cualquiera de sus características de color y llegue a decolorarse en un material diferente como el algodón como el resultado de la exposición del material a cualquier entorno que puede existir durante su procesamiento, análisis, almacenamiento y uso del material (Lockuan, 2012).
- **Definición operacional:** Para determinar la calidad del teñido se realizó la prueba de solidez al color considerando que son las más importantes para las exigencias de calidad en el proceso de teñido y así mimo para el usuario. Las normas que se aplicaron en estas pruebas son:

- **Solidez de color al lavado:** NTP 231.008:2015 ensayo de solidez del color al lavado

- **Solidez de color al frote en seco:** AATCC método de la friccion y NTP 231.042:2015 Ensayo de Solidez de color al frote

CAPÍTULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Kuźnicka *et al.,* (2024), en su estudio "influencia del color y la edad en el espesor y características de medulación en la fibra de alpaca Huacaya-Polonia" tuvo como objetivo analizar la finura y medulación de fibra de alpaca Huacaya considerando color y edad la investigación se desarrolló en 30 alpacas hembras menores a 1 año de edad, 6 alpacas de 1 a 4 años de edad y 12 alpacas con más de 4 años de edad asimismo, dentro de este grupo se considerara las alpacas de color blanco, también los análisis estadísticos han sido procesados en el software SPSS.23.0 2016 basado en un modelo lineal en estudio analizado no se encontraron diferencias relevantes en cuanto al diámetro medio (MDF) oscilo entre 15.25 y 29.28 micras en vellones blancos y en colores 14.22 y 31.45 micras así mismo las características del porcentaje de fibras meduladas (FM) en blanco son de 63.97% inferior a fibras de color 73.52% por ende, se obtuvo mayor contenido de fibras del tipo no meduladas en muestras con menor diámetro ya que, en alpacas menores a 1 año el porcentaje de fibras no meduladas es predominante con un $p<0.05$, sin embargo en alpacas de 1 a 4 años y mayores a 4 años hay la presencia de fibras meduladas del tipo no meduladas, continuas y discontinuas entonces los investigadores concluyeron que el color de la fibra de alpaca no tienes efectos significativos en la finura (DMF) y el porcentaje de medulación, pero la variable edad tiene efectos significativos ya que disminuyo la presencia de fibras no medulas reemplazadas por los tipos de medulación continua y discontinua.

Luo *et al.,* (2023), desarrollo una investigación de teñido no acuoso a baja temperatura de fibra con colorantes reactivos, con el fin de lograr un teñido sostenible en lana de ovino y preservar la calidad de la lana, las muestras de hilo de ovino que utilizaron de 18 micras con presencia de medulas continuas y discontinuas obtenida de Zhejiang Red Sun Woolen Textil y tintes reactivos de la marca Lanaset amarillo 4G y azul W-5G, el estudio ha sido realizado con pretratamiento acido y adsorción con tintes reactivos a una temperatura de 85°C durante 60

minutos, entonces los investigadores obtuvieron resultados del agotamiento de tinte hasta un 99.79% y la tasa de fijación 75.33 al 86.93% así mismo, los resultados en cuanto a calidad lograron una intensidad profunda y buena solidez al frote y enjabonado que oscila entre 3/5 a 4/5 según la escala de grises.

Radzik *et al.,* (2021), en su artículo científico "Variación de las características de lana en todo el cuerpo en una manada de alpacas en Polonia" con el objetivo determinar las diferencias en el diámetro medio de finura, características de medulación y longitud de la fibra, así mismo es posible que estas tengan una variación por factores genéticos, fenotípicos, la investigación se desarrolló en 16 alpacas hembras de 3 - 5 años de edad de raza Huacaya situadas en la Provincia de Silesia – Polonia, en el estudio se consideró colores blanco, gris, LF. El diámetro del vellón se determinó de todo el cuerpo específicamente, de la silla, medio cuello y patas; por otro lado, el porcentaje de medulación se determinó de todas las medulas independientes. Determinaron 22.0 micras de diámetro (MDF), coeficiente de variación (CV) 22.4% y la incidencia de medulación es de 35% con más presencia de medula discontinua de 15.4%, además, existe una interaccion relevante entre el promedio de finura del vellón con el diámetro promedio de la fibra situada en la parte media de la alpaca, con un valor $r = 0.927$ y p-valor <0.05. Los autores finalizan la investigacion, en la importancia de separar o clasificar un vellón de alpaca, es decir, excluir fibras del cuello, patas inferiores y posteriores y vientre porque, presentan altos porcentajes de medulación

McGregor, (2018), en su manual de propiedades de fibras textiles y técnicas, indican que las alpaca australianas en la raza Huacaya y suri, la incidencia de fibras meduladas es mayor que las fibras de alpacas peruanas, incrementan en un 10% a 60%, así mismo el diámetro de finura incremento 22 a 40 um, por otro lado, la edad en las alpaca es un aspecto importante que determina la incidencia de medulación, las alpacas con 8 años de edad, presentaron mayores fibras meduladas que las alpaca de 1 a 4 años, pues, la alpacas adultas son más pesadas, por tanto el porcentaje de medulación es más notoria, mientras que en los vellones más gruesos el diferencial entre la fibra medulada y no medulada disminuye en un 10%.

Lupton *et al.,* (2006), en su estudio "Características de la fibra de alpaca Huacaya", con el objetivo de evaluar la raza Huacaya con fibras onduladas, el estudio se desarrolló en EE. UU con muestras de 585 muestras de fibra de alpaca, en hembras, machos y machos castrados, de 1 y 2 años de edad, evaluaron el promedio de finura (MFD), el factor de picazón (FP), el factor de comodidad (FC), la medulación y fibras objetables en muestras de fibra blanco natural y

marrón claro. Obtuvieron como resultado más muestras de alpacas hembras 332 y alpacas machos 198, con más procedencia de 2 años de edad, en la región de costa oeste. Por otro lado el Media diámetro de finura se encuentran en el rango de 15.09 – 49.27 micras, con respecto a la medulación son altos y variables en el rango de 59% - 9%, así mismo la resistencia de la fibra es significativamente diferente entre hembra y machos 38.7 N/ktex frente a 44.5N/ktex siendo asi, $p < 0.05$, llegaron a una conclusión, existe una variación en el coeficiente de curvatura, las alpacas machos producen vellones más fuertes que las hembras, por lo tanto, al igual que la lana de oveja y las cabras de angora, la alpaca produce vellones con características que son importantes para el proceso de producción textil y productos acabados pues la fibra con menor porcentaje de medulación y factor de picazón son ideales para productos en contacto con la piel y las fibras con alto porcentaje de medulación y factor de picazón son ideales para elaborar alfombras.

Balasingam y Mahar, (2005), en su investigación "determinación del umbral de contaminantes para fibras meduladas en tejidos de lana merino", menciona que la industria australiana de merino y la industria textil, producen tejidos de alta calidad, sin embargo la presencia de medulas afectan la calidad, el objetivo del estudio es determinar el nivel del umbral comercial en la que una fibra medulada se considera objetable en un tejido, las pruebas han sido realizados en tejidos teñidos y no teñidos en diferentes tonos, que han sido examinados microscópicamente, los resultados que encontraron en fibras sin teñir tienen altos niveles de contaminación de fibras meduladas en un 60%, por otro lado, en las fibras teñidas encontraron, fibras meduladas hasta con 50 micras, es más común que las fibras objetables sean fuertemente meduladas, sin embargo, existe la presencia de medula en fibras más finas, concluyeron que a mayor diámetro o longitud de fibra medulada, tendrá un aumento en la incidencia de fallas detectadas en un tejido, también las fallas son más notorias en teñidos con colores más fuertes (burdeos, y verde azulado).

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Luque *et al.,* (2025), investigo optimización del proceso de teñido de hilo de alpaca con índigo carmín (CI Azul Natural 2), con el fin de optimizar los procesos de teñido para hilos de fibra de alpaca huacayo utilizando colorante índigo carmín, con una metodología de diseño compuesto central (CCD) y superficie respuesta (RSM) consideraron como variable respuesta la intensidad del color K/S y las variables independientes concentración de mordiente (3.9887 g/L), temperatura (95°C) y tiempo (30.0019 min). Por tanto obtuvieron resultado en Análisis de color de hilos de alpaca teñidos con índigo carmín ya que, las coordenadas de color se

posicionaron en el tercer cuadrante en el diagrama de CIELa*b teñir fibra de alpaca con índigo se obtiene un azul particular, porque absorbieron luz verde y reflejaron luz azul, así mismo obtuvieron la solidez a color al frote en húmedo y en seco y solidez al lavado el tipo de mordiente (cremor de tártaro) es altamente significativo con un p>0.005 y temperatura con p valor 0.001 cuando evaluaron con la escala de grises la solidez de color de fibra de alpaca obtuvieron 4/5 que tiene buena solidez e intensidad de color en la prueba de solidez al frote y obtuvieron un p valor de 0.002 respectivamente al tipo de mordiente en solidez al lavado, llegaron a una conclusión del proceso estudiado es eficaz para optimizar el teñido en tonos azules con alta intensidad de color y solidez aceptable

Quispe *et al.,* (2023), en su indagación denominada "relación entre la incidencia y el grado de medulación con el diámetro de fibra de alpaca evaluadas utilizando un novedoso dispositivo basado en inteligencia artificial" ha sido desarrollado con el objetivo de evaluar el dispositivo Fiber Med que utiliza tecnología de inteligencia artificial para identificar de manera rápida y precisa la incidencia de fibras de alpaca según los tipos de medulación con respectivo a la finura y relacionar la incidencia de fibras meduladas con una gama de características textiles incluyendo edad número de esquila, sexo, raza, ubicación y tipo de medulación en el estudio se analizó 302 muestras de fibra de alpaca de raza Huacaya y suri con 6 grupos de edad por tanto, la medulación se categorizo en no meduladas 58.6%; diámetro de finura 19.6 micras, fragmentada 17.1%; diámetro de finura 23.0 micras, discontinua 7.6%; diámetro de finura, continua 15.4%; diámetro de finura 28.6micras y fuertemente medulada 1.3%; diámetro de finura 37.8 micras. Para los resultados utilizaron los modelos estadísticos análisis de varianza, análisis de regresión lineal y múltiples para relacionar la medulación con la ubicación, sexo, edad, raza y numero de esquilas, encontrando diferencias significativas la medulación con la ubicación, raza y numero de esquilas, sin embargo encontraron incidencia persistente de fibras del tipo fuertemente meduladas en todas las edades en un rango medio de 0.3-1.14% pero en raza y sexo se encontró una incidencia de rango medio 2.87-6.50% con 26.5 micras ya que la raza suri tiene menor presencia de medulación que la raza Huacaya.

Miranda, (2022), en su investigación de "Efectos del diámetro medular en el teñido de fibras de alpaca Huacaya", con el objetivo de determinar los efectos del diámetro medular en el teñido en la fibra de alpaca raza Huacaya provenientes de la provincia de Arequipa, con la metodología de diseño no experimental transeccional correlacional, tomando 109 pruebas de vellones de alpacas Huacayas blancas mayores de 2 años, donde se analizo el diámetro de fibra, diámetro medular y porcentaje medular, para que sean teñidos con la cochinilla, teniendo en

cuenta, la temperatura, pH, relación de baño, en el estudio se considera de manera constante, por último se evaluó la fijación y solidez al color, entonces se obtuvo los resultado de la finura promedio y diámetro medular promedio de 27.53± 1.52um y 10.15±1.45, asi mismo porcentaje de fibras medulas con rango de 42.56 al 83.65%, por tanto, las comparaciones se adecuan a un modelo cuadrático, con modelos, $\Delta E = 29.66 - 5.429\ MDM + 0.2661\ MDM^2$ y $\Delta E = 18.87 - 0.5245\ \%M + 0.004077\ \%M^2$ respectivamente, finalmente la investigación concluye que existe comparación cuadrática y relevante del diámetro de médula, porcentaje de medulación en el proceso de fijación de color. Con resultado entre muy buena y buena solidez y la resistencia de color en la luz solar, con resultado aceptable.

Quintanilla, (2020), en su tesis para optar el grado de magister, titulada "Tasa de medulación de fibra de alpaca (Vicugna pacos) mediante la comparación del modulómetro y el OFDA 100" para determinar el porcentaje de medulación a por medio de la comparación del OFDA 100 y modulómetro, así mismo obtuvieron muestras de la unidad experimental de Pacomarca de 200 alpacas de Huacaya y suri de color blanco, el análisis de muestra se obtuvo en el laboratorio de control de calidad de la empresa Inca Tops, con temperatura de 20°C y humedad 65%, por ende en el modulómetro se analizaron aproximadamente 120000 fibras de las 200 muestras que obtuvieron clasificadas en no meduladas y meduladas, encontraron muestras de fibra con la clase de medula continua y fuertemente medulada, de este modo se evaluó el porcentaje de medulación(PM), diámetro de finura(DF) y diámetro medio de fibras meduladas(DMF), así mismo, aplicaron la estadística descriptiva que ayudo a determinar el promedio y el error estándar de ambos equipos, mientras que para las comparaciones del porcentaje de medulación utilizaron la estadística paramétrica; la prueba de t de student y la prueba no paramétrica de Wilcoxon, análisis de regresión correlación, aplicando R studio. El autor llego a los resultados el análisis del porcentaje de medulación entre el medulómetro y el OFDA, tienen mínimas diferencias, puesto que el análisis que obtuvieron entre ambos equipos es de 28.71 ±1.37 y 9.82±0.61 respectivamente, con un coeficiente de correlación de 0.85 que señala los resultados son altamente significativos. Por tanto, llega a la conclusión, el análisis del diámetro de finura es similar entre los equipos del medulómetro y OFDA 100, sin embargo, los resultados para el porcentaje de medulación no es con exactitud en el OFDA 100, son inferiores a los resultados del medulómetro

Mendoza (2018) en su tesis denominado "evaluación del tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de alpaca (vicugna pacos) con aliso (alnus acuminata H.B.K)", con su objetivo de evaluar el tipo y cantidad de mordiente en la

intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de Alpaca (Vicugna pacos) con Aliso (Alnus acuminata H.B.K). Empleando la tecnica que consistió en emplear 500 mL de colorante disuelto y 5 g de muestra de fibra de alpaca de la calidad baby, el mordentado es aplicado 2 g y 4 g de alumbre y bicarbonato de sodio. Los resultados muestran que existe un resultado relevante con un valor de $p<0,05$, del tipo (A) y cantidad de mordiente (B) y la correlacion del tipo y cantidad de mordiente (A*B) en los parámetros de color. Concluyeron que los parámetros convenientes para fijar el colorante de la fibra de alpaca con la planta aliso, las dosis de mordiente de alimbre 2 g/500 mL; que resulto teñidos de calidad con intensidad de color 14: L = 81,45; a = 5,98; b = 40,33; C = 28,65; H* = 83,43, sin embargo, en la solidez al lavado los resultados en la escala de grises es 4, considerando en el marguen de buena solides.

Guillen, (2019), en su tesis titulado "Variación en el diámetro de fibra por efecto de la medulación en vellones finos de alpacas Huacayas de diferentes edades". Desarrollado en la Universidad Nacional Mayor San Marcos lograron como resultado, en las fibras de categoría extrafinas no posee medulas; en calidades inferiores se encuentra mayor porcentaje de medula y de diferentes tipos, así mismo con respecto al diámetro según la categorización y tipo de medulación, se muestra diferencias significativa entre las categorías de fibras y entre los tipos de medulación sin embargo, concluyendo el efecto correlacional de categorías y tipo de medulación, entonces los vellones finos hay existencia de medulas.

Ponce y Valdivia, (2014), en su investigación de pregrado, denominado "Optimización de los parámetros para la curva de teñido con colorantes ácidos, reactivos y complejo metálico en fibra de alpaca", los autores evaluaron el diámetro de finura de la materia prima de vellones de fibra de alpaca, obteniendo una finura de 22.5 micras, consideran la fibra más fina, por otro lado consiguen el diámetro con 34 micras siendo el menos fino, así mismo consideran una característica importante para desarrollar el proceso de teñido, la capa cortical de la fibra de alpaca esta encargada de recibir los colorantes, mientas los sustratos de fibra de alpaca sea más fina, la fijación de los colorantes son más eficientes y de calidad, por otro lado lograron obtener los parámetros para la curva de teñido en sustratos textiles de vellones de fibra de alpaca, para los colorantes ácidos, consideraron optimo una temperatura de teñido 96°C en un tiempo de 60 min, con pH 4.5.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Tapia, (2023), en su estudio examinan la fibra de alpaca teñido con colorantes del tallo de tankar con diferentes fijadores y parámetros con el fin de evaluar la fibra de alpaca con tallo de

tankar con parámetros controlables los tipos de mordiente (alumbre y sulfato ferroso) tiempo 60 min y temperatura 86°C ya que estos factores influyen en la impregnación del colorante en el sustrato con una metodología cuantitativa tipo experimental y nivel explicativo aplicado en un diseño experimental la factorial 2^3, con 8 tratamientos y 3 repeticiones llego a obtener la solidez a color a luz del día, al frote y al lavado se obtuvo un $p>0.001$ en para los 3 resultados se llegó a una calificación de excelente de grado 5 en la escala de grises, es decir al aplicar la temperatura de 86°C y tiempo de 60 min con mordiente de alumbre y sulfato ferroso son parámetros óptimos para el proceso de teñido con tallo de tankar ya que no hay una transferencia de color en los testigos siendo un teñido de calidad y optimo.

Obando *et al.,* (2021), en su investigación, evaluación de la medulación de lanas y fibras especiales de algunas especies de animales, con el objetivo de evaluar la incidencia y relación entre los tipos de medulación, y la relación de finura en fibra de alpaca, determinaron el porcentaje de fibras meduladas y no meduladas, clasificando las fibras medulas en fragmentadas, discontinuas, continuas y fuertemente meduladas o tipo kemp, obtuvieron como resultado, la fibra de alpaca, tiene un porcentaje de medulación moderado de (22-40%), encontraron medulas en un porcentaje mínimo en fibras más finas.

Barreda, (2020) en su investigación de Características textiles y estructura medular de la fibra de alpaca Huacaya de la provincia de Huancané 2019, planteándose como objetivo determinar la relación entre características textiles respecto a la estructura Medular de la fibra de alpaca Huacaya de la provincia de Huancané 2019. Concluye que las características textilies y la estructura medular se asocian con un valor de $r = 0.746$, que indica que mayor o igual al 95% el porcentaje de medulación disminuya.

Ormachea *et al.,* (2015), desarrollaron su investigación en características textiles de la fibra de alpaca Huacaya en el Distrito de Corani, Carabaya, con el fin de examinar los parametros textiles de fibra de alpaca tales diámetro de fibra, índice de confort, índice de curvatura, en el Distrito de Corani, se recolectaron 240 de muestras de la raza Huacaya, hembra y macho de 2, 3 y 4 años de edad, que fueron analizado con el equipo OFDA 2000, obteniendo como resultado el diámetro de fibra en hembras de 20.69 ± 2.69 micras; machos 21.28 ± 2.55 micras con un valor de $P> 0.05$ y con un factor de confort de 96.19 % en hembras y un 94.99 % en machos. Por tanto, llegaron a una conclusión, a mayor edad de la alpaca el diámetro de fibra tiende a aumentar, así mismo el factor de sexo y lugar no influyen para determinar la calidad del diámetro y factor confort.

Zúñiga, (2007), en su tesis de pregrado denominada tintura de fibras de alpaca y su cinética con colorantes ácidos con el objetico de evaluar el comportamiento cinético en teñido de fibra de alpaca e influencia en la calidad del producto especificando los efectos del pH conductividad y temperatura utilizo colorantes Amarillo Optilán MFRL, Rojo Nylosan N-2RBL y Azul Optilán MFGL a una temperatura de 98°C y tiempo de 60 min obtuvo un resultado de la constante cinética para la fibra de alpaca del 13% que es un indicador que es necesario 20 min más para el proceso de teñido además refiere que la fibra de alpaca tiene mayor proporción de puentes de cistina y las solideces a color al frote, lavado y luz presentan excelente solidez a la luz en grado 8, buena solidez al frote del grado. 4-5 y buena solidez al lavado con grado 4-5 por ultimo evaluó el rendimiento del teñido de fibra alpaca con un 27% este resultado se debe a la presencia de medulas, kemps o forma de escamas de las cutículas unas característica de la fibra alpaca Huacaya.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 POBLACIÓN DE ALPACA

En el Perú , encontramos la mejor producción de fibras considerándose potencia mundial, albergando el 4.3 millones de alpacas que representan el 87% de ejemplares entre las razas Huacaya y suri aproximadamente. Además, la crianza de alpaca está en manos de los pequeños productores alpaqueros en un 99% y el 1% está en manos de las cooperativas, asociaciones y empresas medianas y grandes. (MINAGRI, 2022)

Según el IV Censo Nacional de Agropecuario, (2012), la producción de alpacas esta distribuida en 19 regiones, con mayor población de camélidos, siendo la Región de Puno con más de 1 427 819 que representa el 39.6%, Cusco posee 517 965 alpacas aproximadamente 14.7%, Arequipa tiene 477 851 población de alpacas que es el 12.7%, Huancavelica tiene 302 609 alpacas que es el 8.3%, Apurimac 224 855 re representa el 5.9%, Ayacucho 193 708 siendo el 2.8% y Pasco 147 821 es el 1.8%.

2.2.2 FIBRAS TEXTILES

Está definida como una unidad fundamental de los textiles, ya que es el inicio de la elaboración de un tejido o prenda, la fibra se compone con cadenas moleculares poliméricas que tienen una secuencia química definida, que es repetitiva en el largo de la mecha. La estructura molecular se basa en la orientación de moléculas, la morfología de la fibra determina la forma y grosor que afectara sus propiedades, sin embargo, la estructura molecular determinara la naturaleza

física y química. Además, para que las fibras textiles sean apreciadas deben considerar las siguientes características: flexibilidad, elasticidad y resistencia (Lockuán, 2013).

Las fibras textiles son definidas como estructuras pequeñas de filamentos, es el elemento básico para los textiles, son fibras que tienen una estructura molecular que ayuda a sus atributos y propiedades específicas, con características de finura, flexibilidad, longitud y diámetro, los productos textiles actuales están compuestas de mezclas de diferentes tipos de fibras, que dan una combinación particular y se adaptan mejor al producto final (Sinclair, 2015)

2.2.3 CLASIFICACIÓN DE FIBRAS TEXTILES

Los textiles fibrosos se clasifican en dos grandes grupos comercialmente: fibras sintéticas o químicas y fibras naturales, hay una variedad de fibras manufacturadas, también existen varios tipos de fibras naturales (Kajiwara y Ohta, 2009).

a Fibras manufacturadas

Según Rojas y Yangali, (2019), son fibras transformadas a partir de la industria petroquímica con filamentos continuos de polímeros materiales celulosas, para obtener una variedad de fibras (Sucasaca, 2022). Se dividen en fibras sintéticas que son desarrollados por sinterización química desarrollados por la mano del hombre como el Nylon y el Poliéster y artificiales tienen componentes naturales.

b Fibras naturales

Tridico, (2009), Las fibras de procedencia animal, tiene una gran aceptación en la industria textil, considerando a las fibras de los camélidos en específico vellones de alpaca como fibras especiales, así también fibras de mohair, angora, cachemira. La composición de las fibras naturales es muy parecida entre sí, pues, son formados por cadenas de aminoácidos, que están unidas mediante condensación para formar moléculas poliméricas de proteínas llamadas queratina, sin embargo, la seda está constituida por la proteína llamada fibroína

2.2.4 FIBRA DE ALPACA

La fibra de alpaca se determina como una estructura organizada compuesta con la proteína llamada queratina (Torres y Lencina, 2010). Así mismo Frank *et al.,* (2011), señala que las fibras provenientes de los camélidos se les conoce como las fibras lujosas. Las cualidades que le dan valor a estas fibras por su delicadeza y por ser exótica. Sin embargo, la suavidad y brillo son los atributos que dependen de la fibra cruda en sí. Terroba, (1994), la fibra de alpaca es considerada la fibra suave y rizada ideal para utilizar en los procesos textiles, además, es

considerada fibras especiales, así como las fibras de los conejos angoras, cabras de mohair y cashmere, así mismo la fibra de alpaca se diferencia de la lana de ovino por presentar medula en su estructura. Por otro lado, Quispe et al., (2009), menciona que existen dos razas Huacaya y Suri; la raza Huacaya se define por poseer fibra compacta, esponjosa, delicada y ondulada; sin embargo, la raza suri se determina por presentar mechas de fibras con gran longitud rizados.

Valdivia y Ponce, (2014), alpaca es originario de "Vicugna pacos", es la especie con mayor cantidad en el territorio peruano del 85%, se caracteriza por tener un buen desarrollo corporal, cubierta del vellón, en todo el cuerpo y extremidades posteriores e inferiores.

2.2.5 CLASIFICACIÓN DE FIBRA DE ALPACA

Para Saldaña, (2017), la clasificación es un proceso de separar vellones con características conforme a las calidades estipuladas en las normas, en función raza, diámetro y longitud, además el sistema de clasificación en el Perú es a través del uso del tacto y la visión, para determinar las categorías en calidades comerciales, ya que la mano está relacionado con características físicas como la finura y suavidad; y la visión de las maestras clasificadoras está relacionada a las características de la longitud, color y raza de los vellones de fibra de alpaca.

La NTP 231.301:2022, (2022), la clasificación de vellones en fibras de camélidos es la separación y selección considerando rangos de finura, longitud y color, que ayuden a determinar las calidades del vellón

Los criterios de clasificación son divididos en función de las cualidades del vellon:

- **Finura,** mediante la selección manual o al tacto, según el micronaje de fibra de alpaca (um), son seleccionados por personas con alta experiencia, mediante el uso del tacto y vision.
- **Longitud,** selección manual, observando la longitud de mecha (mm y cm) de la fibra de alpaca, llegando obtener fibras más largas y/o cortas, realizado por el personal adiestrado.
- **Color**, la selección se realiza de manera manual y a su vez es necesario la selección visual, para identificar las similitudes de los colores crudos en fibras de camélidos.

Tabla 1: *Clasificación de calidades de fibra de alpaca*

Calidades	Diametro (µm)	Longitud (mm)	Humedad (% Max)	Solidos minerales (% Max)	Grasa (%Max)
Alpaca ultrafina	= ó < a 18 µ	65	8	6	4
Alpaca superfina	18.1 a 20 µ	65	8	6	4
Alpaca extrafina	20.1 a 23 µ	65	8	6	4
Alpaca fina	23.1 a 26.5 µ	70	8	6	4
Alpaca semi-fina	26.6 a 29 µ	70	8	6	4
Alpaca Semi-gruesa	29.1 a 31.5 µ	70	8	6	4
Alpaca gruesa	>de 31.5 µ	70	8	6	4
Alpaca corta	-	20 a 50	8	6	4
Alpaca MP	Es la calidad de vellon cortas, gruesas o con defectos en deterioro.				

FUENTE: Normas Técnicas Peruanas NTP 231.301:2022, (2022)

2.2.6 CARACTERÍSTICAS TEXTILES DE FIBRA DE ALPACA

Quispe *et al.,* (2013), describe las características textiles de los vellones están divididas en propiedades productivas, es decir es el peso de la fibra sucia y la finura de fibra.

a Media del diámetro de fibra (MDF)

Es considerada la característica más importante, viendo desde el punto de vista de calidad, hilabilidad, valor y uso final, ya que es precedente para el rendimiento al hilado, influye en el proceso de cardado, generando menor resistencia de la fibra, de la misma manera, posee efectos en el hilo y tejido. Así mismo, a mayor media del diámetro de finura genera el incremento de la vellosidad del hilo, el grosor, resistencia a la abrasión y rigidez del hilo. (Lupton *et al.,* 2006).

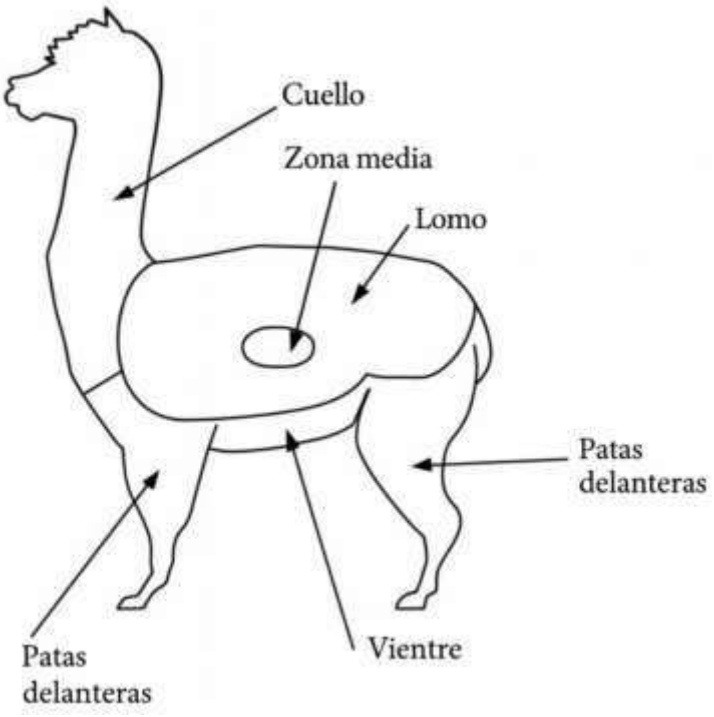


Figura 1: *Localización de la zona corporal utilizada para la toma de la muestra de fibra en la alpaca*
FUENTE: Tomado de Lupton *et al.,* (2006)

b Factor de confort (FC)

Es conocida también como, factor de comodidad, que se define por el porcentaje de fibra menores a 30 µm, que existen dentro de un vellón de fibra de alpaca (Quispe et al., 2013). Así mismo, señala que la industria de la alpaca, reporta un aspecto negativo al factor de picazón que están compuestas por fibras de más de 30 µm dentro una muestra de fibra de alpaca o fibra animal compuesta con queratina (Watt, 2023).

c Factor de picazón

Esta característica está estrechamente relacionada con el diámetro de fibra, ya que a partir de 30 µm, son los que generan picazón en las prendas de contacto con la piel, sin embargo, el porcentaje y tipo de medulación también influye (Pinares *et al.,* 2018). Además Quispe *et al.,* (2023) menciona, la existencia de algún tipo de medulación en los vellones de los camélidos aumenta la probabilidad de generar picazón y la heterogeneidad de coloración en los tejidos a base de fibra de alpaca.

d Índice de curvatura

Describes los espacias que hay en una fibra, en otras palabras, las ondulaciones que existen o los números de longitudes de ondas de curvas por centímetro en una mecha de fibra, tienen un realce para los fabricantes textiles, puesto que ayuda a mejorar la densidad

de los productos textiles, se considera una característica deseable a tacto. (Quispe Peña *et al.,* 2013).

e Finura al hilado

Muestra el rendimiento después de realizar el proceso del hilado, que estas directamente relacionado con el diámetro de fibra (MDF) y el coeficiente de variación del diámetro de fibra (CVDMF), para estimar el rendimiento del hilado. (Cucho, 2023).

2.2.7 MORFOLOGÍA DE LA FIBRA DE ALPACA

Tridico, (2009), hace referencia que, las partes medulares de la fibra de alpaca es única, conformada escamas externas llamadas cuticulas, corteza interna, fibras pilosas y medula.

a Cutícula

Está formada por células cuticulares o escamas que están en forma de tejados, cumpliendo la función de la capa protectora con alta resistencia química que está cubierta por una capa muy delgada llamado ácido graso, que es responsable que la fibra de alpaca sea repelente al agua, además es la conexión entre la fibra y el medio ambiente. (McGregor, 2018).

b Corteza

Constituye el cuerpo de la fibra con formas alargadas o redondeadas, están alineadas paralelamente al eje de la fibra, con propiedades físicas y químicas, con mayor volumen en la fibra. (McGregor, 2018)

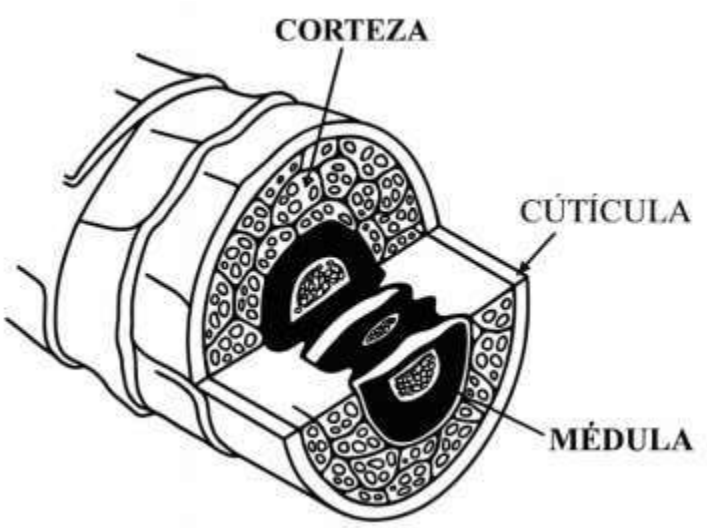


Figura 2: *Morfología de medulación de fibra de alpaca*
FUENTE: McGregor, (2018).

2.2.8 MEDULACIÓN

Balasingam, (2005), las fibras meduladas, son una porción central, que está constituido por cavidades formadas por paredes de células que contienen aire, a su vez conforma la mayor parte de la fibra y está rodeada por una capa delgada de corteza. A si mismo las fibras meduladas tiene, una apariencia blanca, por tanto, genera una incapacidad para teñirse con la misma tonalidad que las fibras sin presencia de medula, dichas fibras generalmente están en la cara y las extremidades de la alpaca. Pinares *et al.,* (2018), también, Obando *et al.,* (2021) hace referencia, la medulación en la fibra de alpaca se caracteriza por la presencia de un canal central al que llamamos medula, contiene residuos celulares y bolsas de aire, por tanto, es una característica importante, puesto que, determina la calidad final de la fibra en hilos, tejidos y teñidos, además la medula, tiene un efecto aislante, por tanto las prendas confeccionadas con fibra de alpaca son capaces de mantener calor, pero la presencia de medula es un problema para el proceso de teñido. Raggi, (2015), por otro lado, McGregor, (2018) define las fibras meduladas, el diámetro de medulación es menor al 60% del diámetro de finura, sin embargo, las fibras kemp, tiene el 60% de diámetros de medula.

2.2.9 CLASIFICACIÓN DE MEDULAS

a. **No medulada,** la muestra de fibra de alpaca, no hay indicios de existencia en la parte céntrica de bolsas de aire.

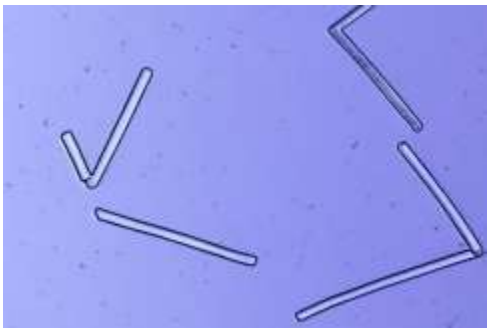


Figura 3: *Fotografía microscópica fibras no meduladas*
FUENTE: elaboración propia
Nota: Fotografía Fiber Med

b. **Medula Fragmentada**, en el centro de la corteza, hay presencia de diminutos pedazos o islas oscuras, estas se encuentran en fibras con mayor diámetro de finura, es decir en fibras gruesas

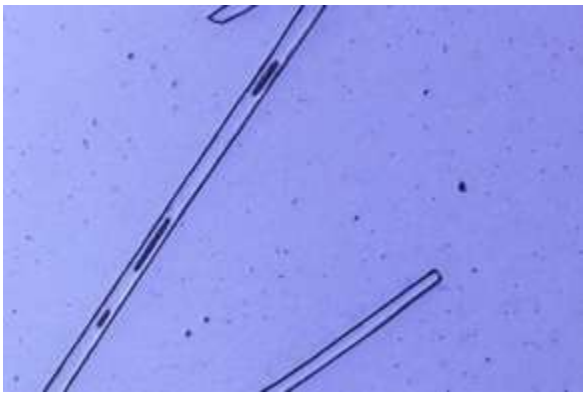


Figura 4: *Fotografía microscópica fibras de medula fragmentada*
FUENTE: Elaboración propia
Nota: Fotografía del equipo Fiber Med

c. **Medula Discontinua**, en este tipo se presencia bolsas de aire multiseriado y con un diámetro delgada, son normales encontrar en fibras de los camélidos. Sin embargo, este tipo de medulación es contaminante para la industria textil.

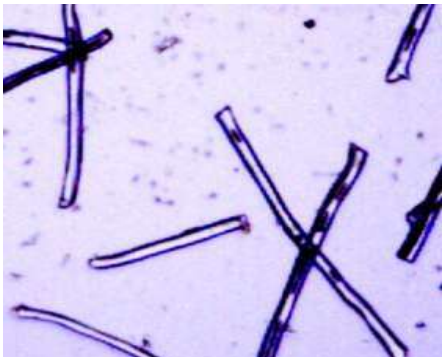


Figura 5: *Fotografía microscópica fibras de medula discontinua*
FUENTE: Elaboración propia
Nota: Fotografía tomada del equipo Fiber Med

d. **Medula Continua**, se encuentra más porcentaje de bolsas de aire oscuro en el centro de la fibra y con mayor diámetro que de la medula discontinua, generalmente se encuentra en está en las fibras gruesas de los camélidos, ovinos y caprinos.

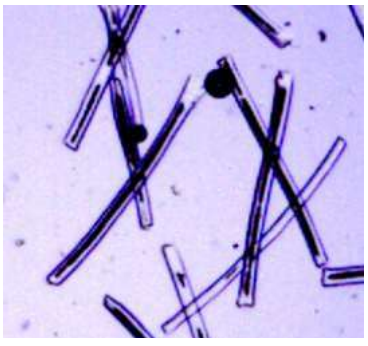


Figura 6: *Fotografía microscópica fibras de medula continua*
FUENTE: Elaboración propia
Nota: fotografía tomada del equipo Fiber Med

e. **Fuertemente Medulada**, La medula abarca casi toda la parte de la corteza de la fibra, también se le conoce como Kemp, generalmente están las fibras gruesas de los camélidos en especial en la fibra de llama (Barreda 2020).

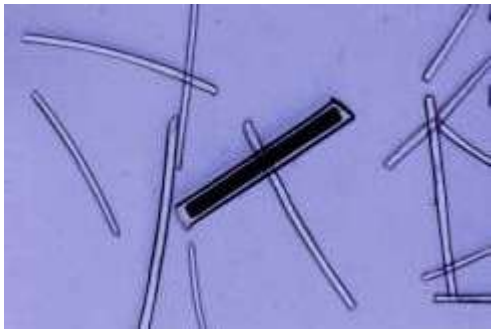


Figura 7: *Fotografía microscópica fibras de fuertemente medulada*
FUENTE: Elaboración propia
Nota: Fotografía tomada del equipo Fiber Med

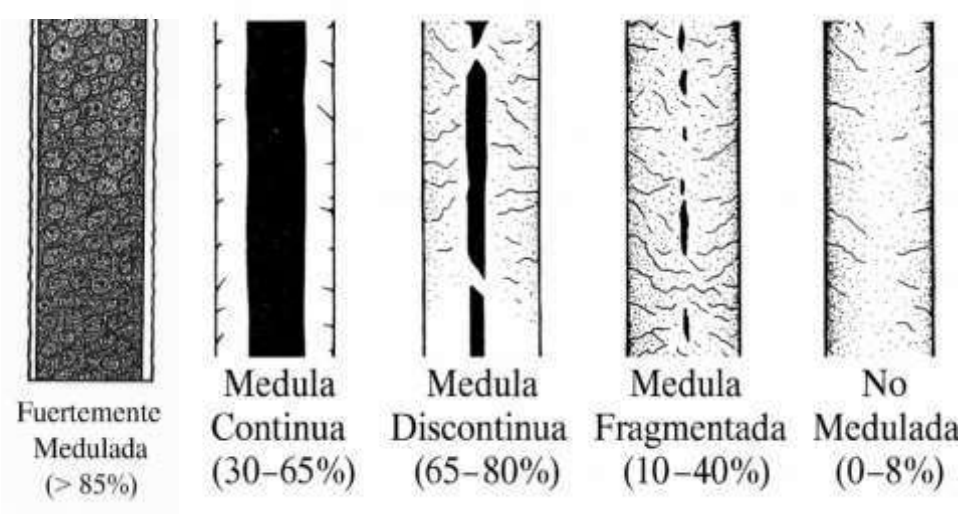


Figura 8: *Clasificación de fibra según el tipo de medulación*
FUENTE: Adaptado de McGregor, (2018)

2.2.10 COLORANTES TEXTILES

a Colorantes

Santos y Maier, (2013) los colorantes son definidos como sustancias, que son capaces de adherirse a sustratos textiles dando tonalidades diferentes, la eficiencia de los colorantes son determinados por la adherencia de los colores sin decolorarse por el lavado, sudor, frote o a la exposición de la luz solar, Parton, (2002), los colorantes en general son solubles en agua, que se aplica en sustratos textiles que a través del proceso de teñido que transfiere un color permanente, además los colorantes son aplicados en solución o dispersión, los materiales textiles el sustrato deben tener la capacidad de absorción, para que el color sea adherido en las fibras o telas.

Bişgin *et al.,* (2016) menciona que los tintes y/o pigmentos son elementos indispensables para la industria textil, específicamente para el proceso de teñido de los sustratos textiles

2.2.11 CLASIFICACIÓN DE COLORANTES POR SU ORIGEN

a Colorantes naturales

Mendoza, (2018) los colorantes naturales, son extraídos por insectos y plantas, es una de las técnicas de teñido más antigua y biodegradable, además la cochinilla es el único colorante de origen animal, la mayoría de los tintes naturales requieren de los mordientes, es decir es muy necesario la combinación de un metal, con el fin de producir colores fuertes e intensos, también los mordientes cumplen la función de cambiar tonalidades en el color, ya que la mayoría de los tintes para mordientes son poligenéticos Saxena y Raja, (2014).

Además, los tintes naturales son utilizados para dar color a los sustratos de origen animal o vegetal, sin embargo, en investigaciones recientes señala que ya se puede emplear en algunos sustratos sintéticos.

b Colorantes sintéticos

Los colorantes sintéticos son de procedencia química, que se utilizan en materiales textiles de lana, fibra, poliéster, nylon, etc. Actualmente, en la industria textil es más utilizado, por la calidad de impregnación de color en los sustratos textiles. Mabuza, *et al.,* (2023), además se caracteriza por ofrecer una variedad de colores intensos con tonalidades brillosas (Bişgin *et al.,* 2016)

También, Corradine, (2014), menciona los colorantes sintéticos han sido diseñados, según la clase de fibras a teñir, dado que, para el caso de lana o fibra de origen animal están los colorantes ácidos, porque, estos son solubles en un medio acido.

2.2.12 CLASIFICACIÓN TINTORERA POR SU APLICACIÓN

Para la clasificación de los colorantes son considerados la transferencia de color y fijado en tejidos, que generalmente depende de la estructura química del material a teñir y sustancias cromogenicas, dentro de ellos están los cromóforos, auxocromos y auxiliares, pero estos dos últimos intervienen poco en las tonalidades cromáticas de los colorantes, pero ayuda a fijar y trasferir entonces, influye en el teñido del sustrato textil.

Tabla 2: *Clasificación de colorante por su aplicación*

Tipo de colorante	Aplicación en fibras	Método de aplicación
Ácidos	Nylon, lana, poliamida, seda, papel, tintas y piel	Son solubles en agua, que contienen grupos ácidos SO_3 H, CO_2 H, NO_2 capaces de teñir fibras con grupos básicos llegan a fijar por la formación de lases.
Básicos	Lana, seda, poliacrilonitrilo, nylon y poliéster	Tienen grupos básicos los catiónicos son solubles en agua, por tanto, el teñido es mejor en fibras que tengan grupos ácidos, es posible teñir fibras celulosas, sin embargo, requiere de un pretratamiento para fijar el color
Directos	Algodón, rayon, nylon y piel	Contienen grupo polares, su aplicación es por solución y se adhieren a los sustratos textiles por la interacción de las electroestáticas o la formación de sales, es más eficiente en fibras celulosas
Dispersos	Acetato, acrílico y plásticos, poliéster y poliamida	Se caracteriza por poco soluble en fibras sintéticas no polares, es necesario de agentes dispersantes, además son aplicables en medios acuosos, pueden ser del tipo alta, medio o baja energía
Reactivos	Seda, Algodón, fibra de alpaca, lana y nylon	Son los colorantes que contiene en su molécula grupos reactivos, que se une a la fibra por enlaces covalentes, además estos grupos reactivos contienen halógenos. Sin embargo se llegan a reemplazar por funciones de OH y NH de la fibra textil, también, tiene una gran influencia la temperatura y pH.
Al azufre	Algodón y rayon	Se caracteriza por la presencia de azufre, como integrante cromóforo o enlace en la cadena de la fibra textil, además es insoluble en agua

FUENTE: Adaptado de colorantes textiles industriales Zaruma et al., (2018) y Marcano, (2018)

2.2.13 COLORANTES SINTÉTICOS PARA TEÑIR FIBRAS PROTEICAS Y ANIMALES

a Colorantes ácidos

Representa al grupo de colorantes aniónicos, su peso molecular bajo, hay grupos de sulfato (-SO3Na), sin embargo se desintegran al estar en agua, para obtener iones -SO3, las fibras textiles que son pigmentadas con este tipo de colorantes tienen centros catiónicos, entonces las moléculas en presencia de agua forman una estructura dipolar los colorantes

reactivos aniónicos es necesario un medio neutro ligeramente ácidos con pH=2-6, se caracteriza por la eficiencia en la solide al color y la variedad de tonalidades de colores (Cabo, 2015).

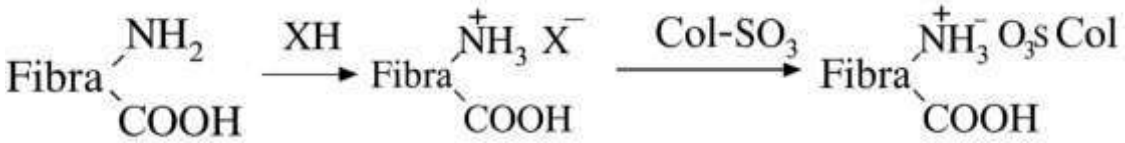


Figura 9: *Estructura molecular de colorantes ácidos*

FUENTE: Cabo, (2015).

b Colorantes reactivos

Son colorantes con estructuras no saturadas, son inestables eléctricamente, por ende absorben la energía a una longitud de onda, son solubles en agua, en medio acido, neutro y básico para teñir fibras celulosas, deben contener dos átomos de claro para generar una reacción, a su vez forman enlaces covalentes con grupos nucleófilos, además pertenecen al grupo cromóforo además este tipo de colorante es recomendable aplicar en medio acuoso y con buena agitación para obtener productos con buena apariencia y resistencia al color, porque este tipo de colorante reacciona con la fibra, agua y moléculas de colorante.(Peñafiel 2011)

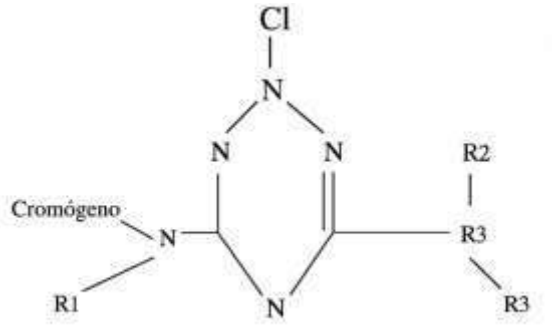


Figura 10: *Estructura molecular de colorante reactivo*

FUENTE: Peñafiel, (2011).

c Tipos de colorantes reactivos

- **Baja reactividad**

  Está compuesto por esteres de celulosa y con anillos heterocíclicos en su molécula, la acción que tiene está basada en sustituir el nucleófilo.

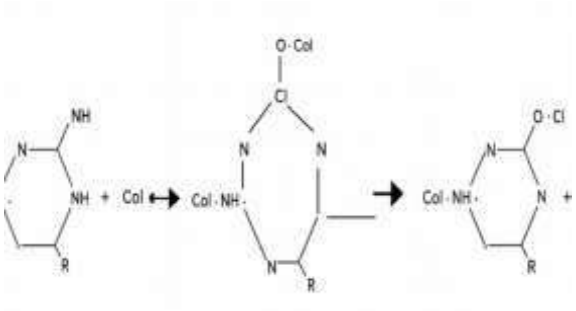


Figura 11: *Estructura molecular del colorante de reactividad baja*

FUENTE: Peñafiel, (2011).

- **Monocloratriazina y diclorotriazina**

  Los colorantes reactivos de este tipo generalmente son aplicados por el método de agotamiento, en una temperatura de 80 – 85 °C, son aplicados en fibras celulosas y animales, con un buen rendimiento al color, compatibilidad y consistente en nivel de repetición de tintura a tintura (Peñafiel, 2011).

d Colorantes de complejo metálico 1:2

Estos grupos de tintes se caracterizan por tener tonalidades opacas, se forman mediante la complejacion de un átomo metálico como el cromo o cobalto con dos moléculas de tinte, sin embargo, la molécula más grande de tinte puede llegar a formar enlaces fuertes con el sustrato textil, lo que genera una baja migración

- **No sulfunados y Monosulfunados:** estos dos tipos de tinturas de complejo metálico, se debe tener cuidado en el pretratamiento para evitar teñidos con defectos o inestables.
- **Disulfunados:** son el tipo de colorantes de complejo metálico 1:2 son solubles, con mayor dependencia de pH, lo que quiere decir que presentan una baja afinidad y es necesario incorporar más acido para lograr el agotamiento de los colorantes. (Parton, 2002)

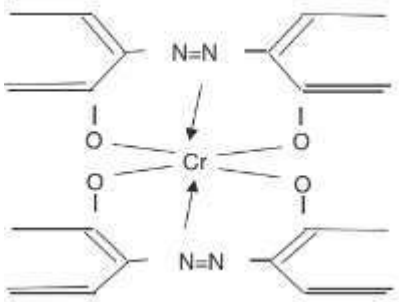


Figura 12: *Estructura molecular del colorante complejo metálico 1:2*

FUENTE: Parton, (2002).

2.2.14 COLORANTES SINTÉTICOS LANASET

Los colorantes LANASET®, se caracterizan, por tener un sistema de teñido adaptable e integral para teñir lana y mezclas, además los tintes LANASET® incluyen una gama de complejo metálico de 1:2, ácidos y reactivos que se caracterizan por la alta solidez al color a la luz y humedad, en los diferentes tonalidades de colores el colorante es aplicado a pH 4,5, región isoeléctrica de la lana, obteniendo el sustrato teñido en condiciones físicas, el tinte LANASET® es aplicable en fibras de origen animal, vegetal, sintéticas y mezclas de poliamida, acrílico, poliéster, seda, celulosa, se pueden teñir en todas las formas, en específico en fibras, sueltas, tops, hilados y prendas (Huntsman, 2017). Así mismo los colorantes LANASET®, se pueden llegar a mezclar 3 tipos de colorantes de complejo metálico 1:2, ya que se pueden obtener una combinablidad, buena cobertura de irregularidades de la fibra y propiedades de solidez al color de calidad. (Parton, 2002).

a Lanaset amarillo 4GN

Colorante Lanaset conocido por su nombre comercial, pertenece al grupo de colorantes azoicos y tipo reactivo es utilizado en procesos industriales textiles de teñido, impresión o acabados.(Gutierrez, 2021)

Tabla 3: *Información química del colorante Lanaset 4GN*

Nombre químico	4-[4-[[5-[(2-bromo-1-oxoalil)amino]-2-sulfonatofenil]azo]-4,5-dihidro-3-metil-5-oxo-1H-pirazol-1-il]-2,5-diclorobencenosulfonato de disodio
Formula molecular	$C_{19}H_{12}BrCl_2N_5Na_2O_8S_2$
Peso molecular	699.2 g/mol

Estructura molecular

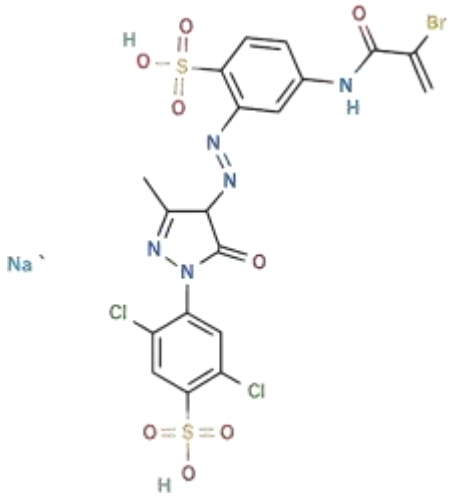


Figura 13: *Estructura molecular del colorante Lanaset 4GN*
FUENTE: Gutierrez, (2021).

-FUENTE: Adaptada Gutierrez, (2021).

b Lanaset azul 2R

Colorante lanaset conocido por su nombre comercial lanasol blue 2R, pertenece al grupo de colorantes azoicos y tipo reactivo es utilizado en procesos industriales textiles de teñido, impresión o acabados de fibras y cueros.

Tabla 4: *Información química del colorante Lanaset 2R*

Nombre químico	((Z)-1-amino-4-(3-(2,3-dibromoacrilamido)-2,4,6-trimetilfenilamino)-9,10-dioxo-9,10-dihidroantraceno-2 sulfonato
Formula molecular	$C_{26}H_{20}Br_2N_3NaO_6S$
Peso molecular	685,32 g/mol
Estructura molecular	

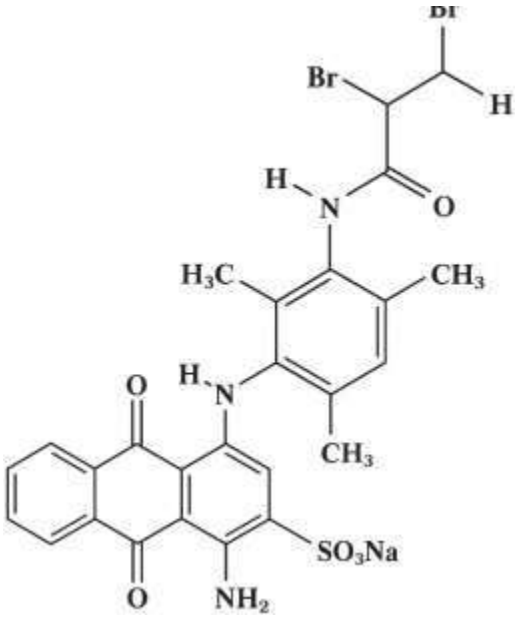


Figura 14: *Estructura molecular de colorante Lanaset 2R*
FUENTE: Bişgin *et al.,* (2016).

FUENTE: Recopilada Bişgin et al. (2016).

2.2.15 AUXILIARES DE PROCESO DE TEÑIDO

a Acelerantes de penetración: Albaflow FCC-01 y Albaflow JET.

Tiene efecto deareante y antiespumante, también se caracteriza por la estabilidad a los alcalisis y altas concentraciones de electrolitos, es usado por mantener una estabilidad a las altas temperaturas y maquinas que se emplee una relación de baño corta este auxiliar es recomendable emplear para todas las fibras vegetales, proteicas, sintéticas o mezclas.

b Acelerantes de penetración: Albaflow

Esta libre de silicón y aceite, es un agente con efecto deareante y antiespumante, además cumple con la función de humedecer los sustratos textiles, por tanto, son aplicados en todas las fibras, pero es más recomendable aplicar en fibras sintéticas, es adecuado para los procesos de tintura por agotamiento y a la continua, se caracteriza por tener naja viscosidad, así mismo, es estable en medios alcalisis y en altas concentraciones de electrolitos

c Acelerantes de penetración: Albaflow E3-PAC.

Este tipo de acelerador penetración previene y destruye la formación de espumas, ideal para usar en máquinas de alta turbulencia y baja relación de baño, además facilita el deslizamiento de las fibras durante el proceso de teñido en la máquina.(Anuka, 2018)

2.2.16 IGUALANTE

a Albegal A.

Este tipo de igualante es utilizado en el proceso de teñido en sustratos de poliéster o lanas, así mismo es un aditivo igualante en colorantes de grupo pre-metalizados, que es dispersante

b Albegal B.

Es un agente igualador en los colorantes de tipo Lanasol, además se emplea en el proceso teñido con colorantes ácidos y de complejo metálico, cumple la función de igualar el colorante y ayuda a un mejor rendimiento de los colorantes

c Albegal SET.

Este tipo de igual antes se emplea en los teñidos con colorantes LANASET, promueve la migración y difusión de este tipo de colorantes, además aumenta el nivel de igualación y evita la aglomeración y precipitación de los tintes, manteniendo la calidad de la fibra o lana. (Anuka, 2018)

2.2.17 FIJADOR DE PH.

Los colorantes Lanaset son aplicados en pH de 4,5 porque reduce el daño en la fibra o lana en el proceso de teñido, por tanto, se emplea agentes controladores de pH que mantenga en 4,5-5.

a Acetato de sodio.

En la aplicación de la industria tintorera genera plasticidad, suavidad y propiedades antiestáticas en las fibras que no son repelentes al agua. (Ospina, 2020).

Tabla 5: *Información química del Acetato de sodio*

Nombre químico	Acetato de sodio
Formula química	CH3COONa.
pH en solución al 10%	8-9
Descripción	Sustancia en estado sólido (Polvo) cristalino blanco, soluble en agua y eter, ligeramente en alcohol, su descomposición es a una temperatura de 120°C también con ácidos fuertes.

FUENTE: Adaptado Bişgin et al., (2016)

b Ácido acético.

Para la manufactura del rubro textil se emplea en los procesos de fijación y regular el pH en rangos de 4.5 – 5, de acidez.

Tabla 6: *Información química del Ácido acético*

Nombre químico	Ácido acético
Formula química	CH3COOH
Peso molecular	60.053 g/mol
Descripción	Sustancia liquida incoloro, con olor a acre, moderadamente acidad, volátil y cristalizada a baja temperatura a agua se caracteriza por su solubilidad en agua y alcohol

FUENTE: Adaptada de ficha técnica Ospina, (2020)

c Albatex AB-45

Son utilizados en colorantes con sensibilidad al pH acido, asi mismo el agente aumenta la reproducibilidad y el rendimiento de la tinturacion de sustratos, se emplea para fibras que requieran fijar pH acido.(Anuka, 2018)

2.2.18 MORDIENTE.

Son encargados de fijar las moléculas de los colorantes, de tal manera aseguran la calidad del teñido en la solidez al color. (Castillo y Guevara, 2022)

a Sal industrial

Es empleado para la fijación y estandarización de intensidad de las moléculas de colorante, añadiendo esta sustancia el tinte tiene mejor adherencia al sustrato textil

Tabla 7: *Información química de sal industrial*

Nombre químico	Cloruro de sodio
Formula química	Na Cl
Peso molecular	58.5 g/mol
Descripción	Son cristales transparentes, incoloros, poco higroscópicos, soluble en agua, glicerol y alcohol

FUENTE*:* Adaptada de ficha técnica Ospina, (2020)

2.2.19 TEÑIDO

El teñido de sustratos textiles manufactureras y naturales, la aplicación de los colorantes es variable, por las propiedades físicas y químicas del sustrato a teñir, además depende de cómo se adhieren los colorantes a las fibrillas, ya que los materiales teñidos deben mantener su color, independientemente al tratamiento que se somata después de este proceso. (Marcano, 2018).

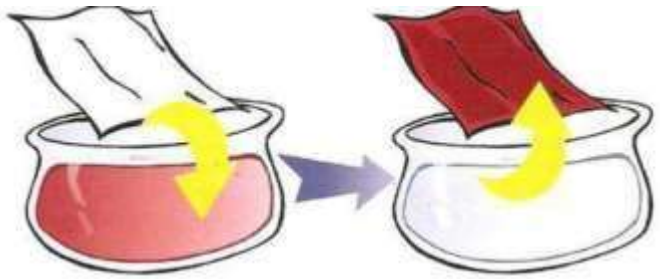


Figura 15: *Descripción grafica del teñido*
FUENTE: Lockuan, (2012).

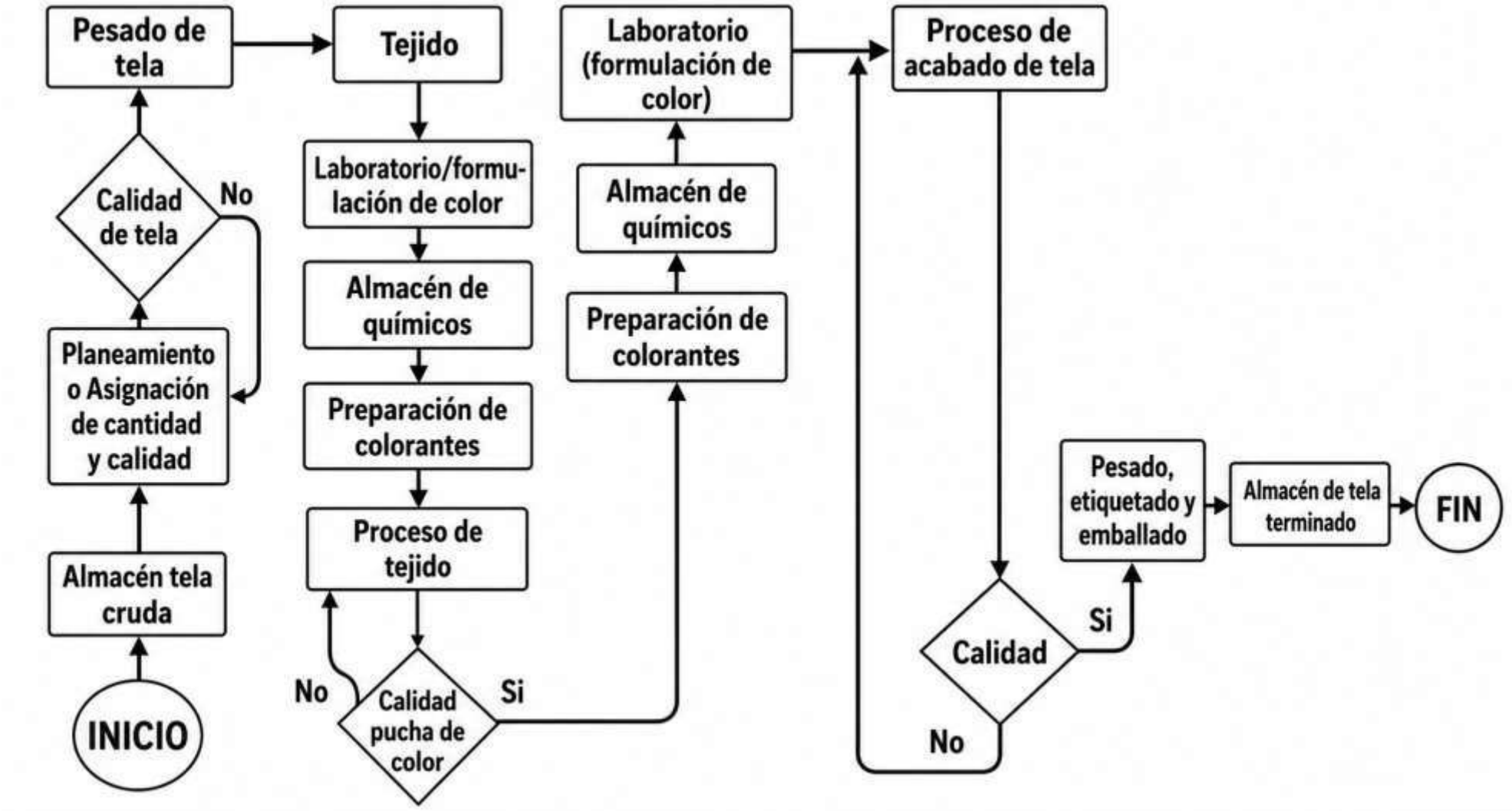


Figura 16: *Diagrama de flujo del proceso de teñido y acabado*

FUENTE: Barreda, (2022)

2.2.20 PROCESO DE TEÑIDO

El tinturado de textiles es una actividad, que se desarrolló desde años atrás. Consiste en el proceso de dar color a las fibras, sintéticas, celulosas, y proteicas y entre otros materiales de diferentes procedencias. Ponce y Valdivia (2014), también se define como el proceso de obtener una fibra de color a través de reacciones químicas entre el colorante y la fibra, mediante la absorción por el sustrato textil, de tal manera el colorante se penetra al sustrato (Barreda, 2022).

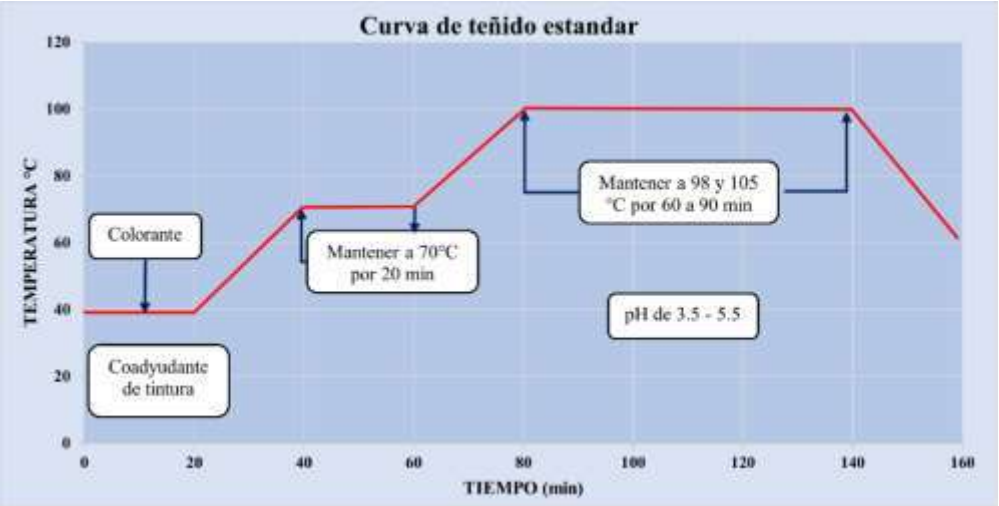


Figura 17: *Curva de teñido estándar*

FUENTE: Elaboración propia

2.2.21 ETAPAS DEL TINTURADO

a Disolución y difusión del colorante

Los colorantes en esta fase se encuentran en estado sólido, obteniendo un equilibrio en diferentes formas de molecular o disperso, es decir el colorante ingresa del exterior para penetrarse en el interior de la fibra. Los factores que condicionan la difusión del colorante son: estructura cristalina de moléculas y tamaño de poros amorfos en la estructura molecular(De la Cruz, 2015).

b Absorción superficial en la fibra

Es determinada por el efecto de la afinidad colorante-fibra, consiste en la absorción de la superficie de la fibra, además la semejanza de los tintes y el sustrato tienen la capacidad de armar un enlace permanente. A mayor afinidad más fuertes y grandes son los enlaces de fibra-colorante y los enlaces covalente -disolvente son menores (Lockuan, 2012).

c Difusión en la fibra

Es la etapa más lenta del proceso de teñido, sin embargo, en esta etapa se establecen los tiempos para lograr una buena penetración, se forman enlaces para penetrar dentro del

material textil, por medio de las zonas amorfas, teniendo una distribución homogénea y una fijación constante.(Lockuan 2012)

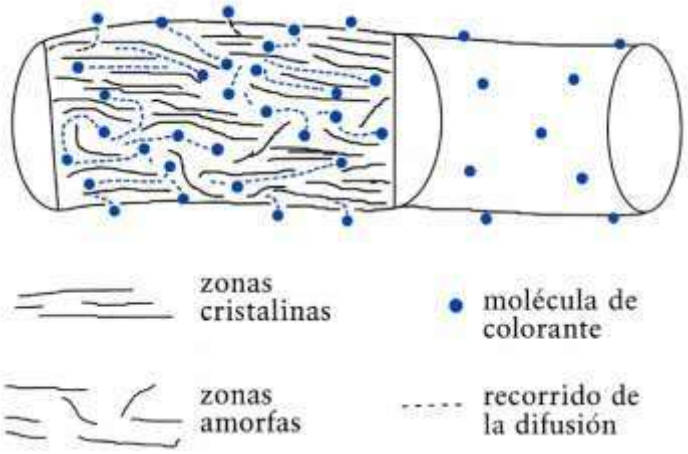


Figura 18: *Difusión de la fibra*

FUENTE: Lockuan, (2012)

d Migración

Las fases 2 y 3 llegan a la etapa de migración, que consiste en la difusión de los colorantes hacia las capas externas del sustrato textil, para migrar a las áreas donde exista menor concentración del colorante, para mejorar la homogenización del color, la migración se realiza en temperaturas altas y en tiempos largos, sin embargo, esto depende de las etapas de absorción y difusión (Lockuan 2012).

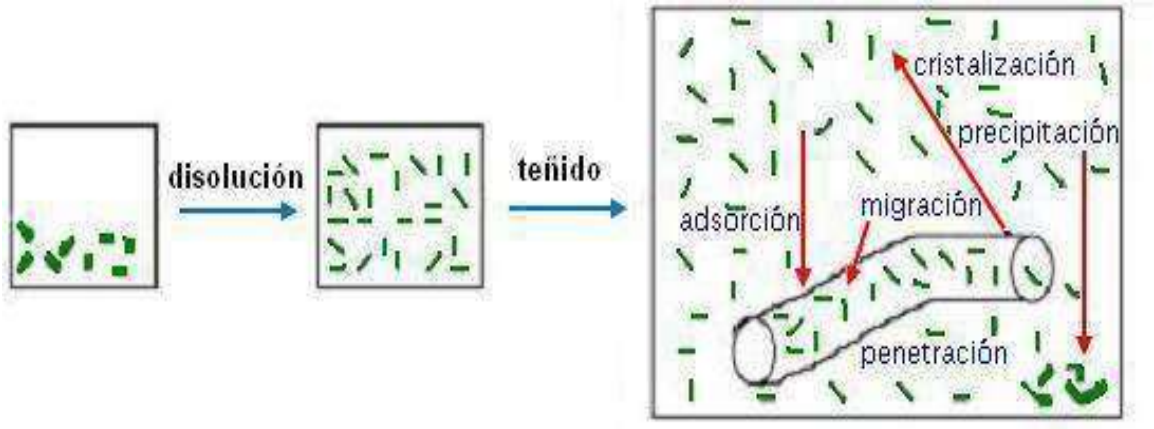


Figura 19: *Migración del proceso de teñido*

FUENTE: Lockuan, (2012)

2.2.22 PARÁMETROS DE CONTROL DE PROCESO DE TEÑIDO

a Naturaleza del colorante

Tapia, (2023) señala que la composición del colorante es un parámetro que genera un efecto en el proceso, ya que cuanto menor afinidad tenga el colorante, menor hidrolisis,

esta propiedad permite que la remoción del colorante hidrolizado es más fácil en colorantes con menor afinidad, ya que garantiza buenos resultados de control de calidad.

b Relación de baño

Este factor es muy importante, para el agotamiento de colorante, ya que influye a mayor relación de baño el porcentaje de agotamiento del colorante es menor, también es influyente en la hidrolisis del colorante, por tanto, la relación de baño se debe trabajar con valores mínimos. (Ocampo, 2019)

c Sustrato

Es importante considerar el tipo de sustrato en la cual se aplicará los colorantes, ya que cada tipo de fibra tiene su composición química. En las fibras de origen natural por presencia de la cutícula esta actúe como una barrera en la penetración de colorante, así mismo la presencia de fibras gruesas afecta en la apariencia y la homogeneidad de la fibra teñida. (Ponce y Valdivia, 2014).

d Temperatura

La temperatura es un parámetro que ayuda en la difusión de las moléculas de colorante, pues a mayor temperatura aumenta la migración del colorante en la fibra es necesario emplear la temperatura adecua, porque este parámetro ayuda en la fijación del color (Cegarra, 1980).Por tanto, la temperatura adecuada para el proceso de teñido, inferior a los 40°C la absorción de los colorantes es lenta, y mayor a los 60°C se considera que la coloración es considerablemente rápida. (Tapia, 2023).

e Tiempo

Este parámetro es determinado por la absorción y la afinad de los primeros minutos de colorante con el sustrato textil, en función del porcentaje de agotamiento del baño de tintura, a la vez es importante determinar el tiempo de difusión y fijación del colorante, para obtener materiales teñidos de calidad y a menor tiempo, para evitar defectos o deterioros del material textil**.** (Cegarra, 1980)

f pH

El pH acido, neutro o básico, establece la conducta del colorante, que influyen en la intensidad del color, y tonalidades de color en los materiales teñidos, además es relevante el pH con respecto a la velocidad de agotamiento, pero la adherencia del colorante disminuye ya que hay poca reacción con la fibra. (Cegarra, 1980). Además, el pH es un factor importante en la primera etapa de la adsorción ya que el colorante reacciona con el agua y la fibra textil, si no se genera esta reacción tiende a incrementarse la hidrolisis. (Tapia, 2023).

g Enjuague y eliminación del colorante

Este procedimiento en el proceso de teñido, es fundamental ya que es donde se efectúa el jabona considerando los aspectos de agua (blanda), temperatura, tiempo y pH. Se realiza con el fin de eliminar el excedente del colorante que no se logró adherirse al material textil o no se llegó a fijar, para en lo posterior obtener buenas calidades de solidez

2.2.23 CONTROL DE CALIDAD DE SUSTRATOS TEÑIDOS

a Evaluación visual del color

Es el proceso realizado a través de la cabina de luces con iluminaciones estándares, pero se tiene una gran variedad de iluminaciones en el cuadro se detalla las fuentes de luz. (Lockuan, 2012).

Tabla 8: *Descripción de las fuentes de luz*

ILUMINANTE	DESCRIPCIÓN
D65	Es la fuente de ilumnacion que corresponde a la combinación de la luz del dia y las radiaciones ultravioletas, con simulación de la luz solar directa y cielo nublado, se considera parámetros de la hora de medición, época del año latitud y ubicación de la prueba que se realiza. En ese contexto la temperatura del color es definido por la tonalidad del radiador que calienta a una temperatura 6504 K.
C	La luz del día media resalta por no considerar la zona del espectro correspondiente a una temperatura de color correlacionada de 6774 K. este tipo de iluminaciones utilizada en pruebas expuestos a la luz natural dentro del intervalo de longitudes de onda visibles, que no estén expuestas a la radiación ultravioleta. Su aplicación es limitada, debido a que no resulta apropiada para representar las distintas condiciones que puede presentar la iluminación natural en el día.
A	Este la fuente de iluminación que se parece a la luz de lampara incandescente, con radiación de tungsteno. Sin embargo, presenta dificultad en luces azules y es mejor en luces rojos. De acuerdo a este contexto es igual a la iluminación por el cuerpo negro con temperatura 2856 K.
F	Es el tipo de luz de un filamento de tungsteno con equivalencia a la iluminación de un cuerpo negro con temperatura 2800 K. En estas iluminaciones estándares del F1 al F12, es necesario para estandarizar las radiaciones de lámparas y luces fluorescentes.
TL84 o F11	Son la serie de luces de cabina parecidas a la Lampara fluorescente trifosfato de banda estrecha considerada una luz artificial el F11; con una temperatura 4000 K de luz
CWF o F2	Es la luz fluorescente blanco frio de banda ancha. Temperatura de color correlacionada 4200 K.
UV	Esta iluminación se utiliza para ver los agentes blanqueantes óptico o colorantes fluorescentes, necesario para evaluar telas blancas

FUENTE: Recopilado Lockuan, (2012)

2.2.24 ASPECTOS PARA LA EVALUACIÓN VISUAL

- **Selección del iluminante adecuado:** Esta selección se realiza con fin de que las pruebas no se realicen en la iluminación diferente al que el usuario utilizara.
- **Color de la cabina:** Se consideran los colores grises a neutro, considerando la norma, para que no exista interferencias en la evaluación.
- **Geometrías de observación:** Es la encargada de evitar la sensación del brillo y la textura, se emplea la geometría visual de 0°/45° o 45°/0 con respecto a la iluminación y observación, también se tiene una manera práctica de observación colocando la muestra en la cabina en un ángulo de 45° de iluminación y observando a 90°.

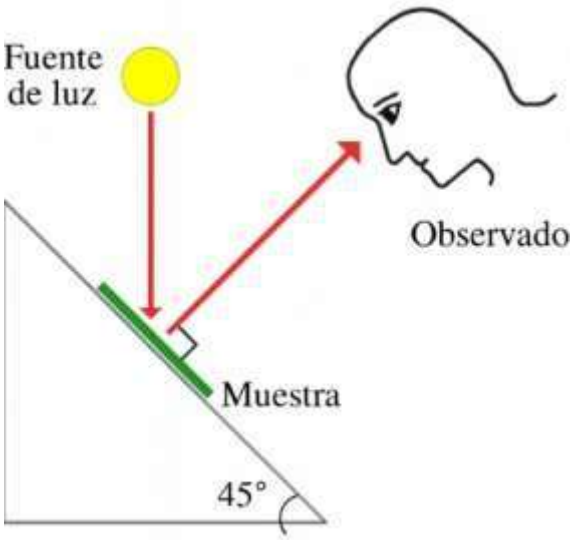


Figura 20: *Geometría de observación*

FUENTE: Lockuan, (2012)

2.2.25 EVALUACIÓN DE SOLIDEZ AL COLOR

Se define como la resistencia de un material a cambiar en cualquiera de sus características de color y transferir su coloración a materiales adyacentes, o ambos; como el resultado de la exposición del material a cualquier entorno que puede existir durante su procesamiento, análisis, almacenamiento y uso del material, Lockuan, (2012). Así mismo los sustratos textiles teñidos, es muy importante determinar la solidez o resistencia de color, cuando son expuestos a la luz, lavado o frote, puesto que el tinte debe ser resistente a estas pruebas ya que determina la calidad del teñido. (Palacios *et al.,* 2021).

2.2.26 EVALUACIÓN DE LA SOLIDEZ AL LAVADO

La Norma Técnica Peruana NTP 231.008:2015, (2022), hace referencia la solidez de color al lavado se realiza en cumplimiento de los parámetros estipuladas tiempo, temperatura,

detergente, agentes blanqueadores y acción abrasiva, ya que con esta prueba se simula más de 5 lavados a mano o lavado doméstico. la transferencia de color es obtenida en tiempos cortos estas pruebas pueden ser empleadas en sustratos de fibra, hilado o tejido, los especímenes de ensayo son de 8 mm de ancho de tejidos de algodón. Además, cada espécimen esta adecuado para las diferentes opciones de muestras.

- 5cm x 10 cm opción 1A
- 5cm x 15 cm opción 1B, 2A, 3A, 4A y 5A

Tabla 9: *Composición de la Multifibra*

Acetato	Algodón	Poliamida	Poliéster	Acrílico	Lana

FUENTE: Adaptada de Lockuan, (2012)

Para el procedimiento, se debe considerar la tabla de condiciones de ensayo, así mismo acondicionar los vasos de acero, billas, y el equipo para las diferentes opciones de ensayo.

Tabla 10: *Condiciones de ensayo de solidez de color al lavado*

Opción	Temperatura °C (± 2 °c)	Volumen total (mL)	Detergente solido del Volumen total (%)	Detergente liquido del volumen total (%)	Cloro del volumen total (%)	N° de Esferas de Acero	N° de Esferas de Caucho	Tiempo (min)
1A	40	200	0,37	0,56	-	10	-	45
1B	31	150	0,37	0,56	-	-	10	20
2A	49	150	0,15	0,23	-	50	-	45
3A	71	50	0,15	0,23	-	100	-	45
4A	71	50	0,15	0,23	0,015	100	-	45
5A	49	150	0,15	0,23	0,027	50	-	45

FUENTE: Obtenida de NTP. 231.008:2015 corregido en 2022 Instituto Nacional de Calidad, (2022)

Por último, la evolución de la transferencia de color en la prueba de solidez al lavado, de las multifibras, mediante la comparación del cambio de colores con la escala de grises, pero para mayor precisión es recomendable que se evaluado por más de 2 evaluadores (Instituto Nacional de Calidad, 2022).

2.2.27 EVALUACIÓN DE LA SOLIDEZ AL FROTE

Según la Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles, (2022), con el método AATCC Test Method 8 Colorfastness to Crocking y la NTP 231.042:2009 hacen referencia la

solidez de color sometidas a la fricción está diseñada para evaluar la cantidad de colorante transferido del material teñido a otro material mediante la frotación. Esta prueba es aplicable para todo tipo de materiales textiles como hilo y tela, elaborados de fibras naturales o manufactureras estas pruebas se realizan también en alfombras y estampados de los sustratos textiles.

Para el procedimiento se utilizan dos testigos blancos para la solidez al froten en húmedo y seco, sin embargo, también se pueden utilizar especímenes adicionales para obtener mayor precisión en los resultados, además estos deben estar cortados en cuadrados de 5cm x 5cm, y el material teñido (hilos) se colocan de manera vertical o en dirección longitudinal bien estirados en las porta-muestras de 5 cm x 13 cm.

Finalmente, la evaluación se realiza del testigo el color transferido, del sustrato teñido, que es examinado por la escala de y la cabina de luces de manera visual. (INACAL, 2009).

2.2.28 ESCALA DE GRISES

La cartilla de escala de grises consiste en fichas estandarizadas, donde los pares representan las progresivas de los contrastes a la clase numérica de la solidez al color.

a Escala de grises para el cambio de color

La Norma Técnica Peruana NTP 231.005:2014, (2019), Señala que la carilla de escala de grises son necesarios para evaluar a través de la observación, la transferencia de color en los sustratos textiles, se clasifica en 9 grados, 1 grados es mala resistencia al color y el grado 5 representa buena resistencia de color.

En esta escala de grises esta la especificación colorimétrica precisa del gris de referencia y las 9 posiciones de la escala, esta norma es aplicable en todo tipo de fibras textiles de origen natural o manufacturera en forma de hilados o tejidos, estas escalas está representado por 5 grados y 2 fichas de referencia montada una al lado de la otra, donde las diferencias visuales en los grados de 4, 3, 2 y 1 de solidez de color, se encuentran en proporción geométrica del contraste y la diferencia de grado de solidez al color en los puntos medios es 4-5, 3-4, 2-3 y 1-2, estas son los intermedios entre los grados completos. (INACAL, 2019).



Figura 21: *Escala de grises para cambio de color*

FUENTE: Instituto Nacional de Calidad, (2022)

b Escala de grises para la transferencia de color

La Norma Técnica Peruana NTP 231.004:2014, (2019), describe el usos de esta escala de grises, es para evaluar la cantidad del color trasferido, después de las pruebas de solidez al color, cuenta con una especificación colorimétrica para diferenciar entre el espécimen con el color transferido y las 9 posiciones de la escala, a su vez es aplicable en las fibras textiles en su forma de hilado y tejido, previamente teñidos o estampados, son evaluados visualmente la diferencia del color representada por la escala de grises, en el grado 5 se tiene colores blancas igualas donde la diferencia de color es 0.0, ya que la lámina de grises posee de 9 grados; el grado 1 representa la resistencia al color malo y el grado 5 representa una resistencia buena.

La clase de transferencia de color los grados están acompañados de una ficha blanca, sin embargo, la diferencia visual de la transferencia de color en los grados de 4, 3, 2 y 1 están en proporción geométrica a la diferencia del color y la diferencia en los grados de puntos medios 4-5, 3-4, 2-3 y 1-2 son los intermedios entre los grados completos. (INACAL, 2019).

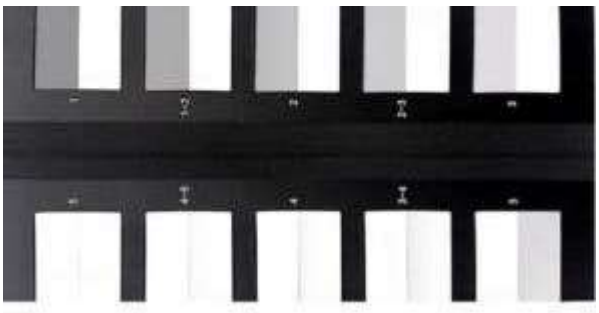


Figura 22: *Escala de grises de transferencia de color*

FUENTE: INACAL, (2022)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 AMBITO DE ESTUDIO

3.1.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se desarrollo en la Universidad Nacional de Juliaca, todo lo que respecta en la caracterización de la estructura medular en fibras de los camélidos, se desarrolló en el laboratorio de fibras de la Escuela Profesional de Ingeniería Textil y de confecciones cede Ayabacas, Distrito de San Miguel, por otro lado, las muestras han sido recogidas en la Provincia de Carabaya, Distrito de Macusani, el proceso de teñido y el control de calidad de solidez al color se ejecuto en las instalaciones de investigacion del centro de Innovación Productiva y Trasferencia Tecnológica CITE textil -Cusco, que está ubicada Av. Las américas Mz. J Lt. 1 urb. Parque industrial II etapa – Distrito de Wánchaq – Cusco



Figura 23: *Mapa de la provincia de Carabaya*

3.2 DISEÑO METODOLÓGICO

3.2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Gutierrez y de la Vara, (2012), en la manufactura textil se realizan pruebas, con el fin de resolver problemas, con la intención de lograr mejoras en los procesos en la producción, el

diseño experimental es la forma más eficaz para realizar pruebas, ya que nos ayuda a precisar las pruebas que se deben desarrollar y con que tipo de diseño, para obtener datos, cuando sean analizados estadísticamente, que nos brinde evidencias que ayuden a resolver el problema identificado. Por otro lado Hernández *et al.,* (2014) mencionan que la investigación experimental, consiste en manipular de manera intencional una o más variables independientes o dependientes, comúnmente utilizados para establecer influencia o efecto en la investigación así mismo la investigación experimental es más perfeccionado, de manera cuantitativa, de más alto nivel. Además, el investigador se encarga de manipular las variables independientes, para demostrar los efectos en los variables dependientes (Ñaupas *et al.,* 2018). Así mismo en el diseño de tipo experimental, la variable independiente se caracteriza por tener grupos de intervención, se considera a esta variable la causal que genera un efecto en la variable dependiente, a través de los niveles experimentales. (Ramos, 2021).

3.2.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Según Arias, (2012) la investigación del nivel explicativo se encarga en indagar el "porque" de los acontecimientos en la investigación para establecer una relación de causa – efecto, de tal manera se pueda llegar a determinar las causas, como también los efectos a través de la hipótesis. Así mismo, Hernandez *et al.,* (2014) señala que la investigación del nivel explicativo, está dirigido a responder las causas de los acontecimientos que se investigan y a su vez determina las condiciones en las que se manifiesta un fenómeno, es decir porque se relacionan dos o más variables, además este nivel de investigación es más estructurado, que proporcionan un mayor entendimiento de la problemática en la investigación.

3.2.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Bernal, (2016), hace mención que la investigación experimental es ejecutado por los diferentes diseños, que se definen por un conjunto de procedimientos donde se manipula y se mide las variables. Además, según, Montgomery, (2004), el diseño factorial es eficiente, en experimentos donde intervienen dos o más factores, también para cada ensayo son objeto de estudio la combinación de niveles de los factores de estudio, para evaluar los efectos de las variables es necesario recurrir al diseño general 2k. en el estudio se asumió el diseño experimental 2^k, donde (k=4), por tanto, la investigación se desarrolló los efectos de los 4 factores (A, B, C y D), sobre la variable respuesta.

Se considero 4 factores de estudio cada uno con 2 niveles, obteniendo 16 unidades experimentales o tratamientos, con 2 réplicas. Por tanto, en el estudio es un diseño con 4 variables controlables concentración del colorante lanaset, concentración del mordiente,

tiempo y temperatura del teñido, además se consideró la muestra de fibra de alpaca con porcentaje de medulación, sobre dos variables repuestas de solidez al color al frote y solidez al color al lavado.

a Modelo estadístico para el diseño

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \alpha\delta_{il} + \beta\gamma_{jk} + \beta\delta_{jl} + \gamma\delta_{kl} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \alpha\beta\delta_{ijl} + \alpha\gamma\delta_{ikl} + \beta\gamma\delta_{jkl} + \varepsilon ijkl$$

Entonces:

- μ representa la media general en el experimento
- α_i muestra en efecto del factor A en el *i*-esimo nivel
- β_j indica el efecto de factor B en el *j*-esimo nivel
- γ_k es el efecto del factor C en el nivel *k*-esimo
- $\alpha\beta_{ij}$ es el efecto de la interacción en la combinación de *ij*
- $\alpha\gamma_{ik}$ es el impacto de la interacción en la combinación *ik*
- $\alpha\delta_{il}$ es el efecto de la interacción en la combinación de *il*
- $\beta\gamma_{jk}$ es el efecto de la interacción en la combinación de *jk*
- $\beta\delta_{jl}$ es el impacto de la interacción en la combinación de *jl*
- $\gamma\delta_{kl}$ es el impacto de la interacción en la combinación de *kl*
- $\alpha\beta\gamma_{ijk}$ es el impacto de la interacción en la combinación *ijk*
- $\alpha\beta\delta_{ijl}$ es el impacto de la interacción en la combinación *ijl*
- $\alpha\gamma\delta_{ikl}$ es el impacto de la interacción en la combinación *ikl*
- $\beta\gamma\delta_{jkl}$ es el impacto de la interacción en la combinación *jkl*
- $\varepsilon ijkl$ es el error aleatorio que se supone sigue una distribución normal con $\mu = 0$ y varianza σ^2= constante, además son independientes entre sí (Lopez 2021).

Tabla 11: *Modelo estadístico para el diseño factorial 2k (k=4)*

Fuente de variación	**Suma de cuadrados**	**Grados de libertad**	**Cuadrados medios**
A	SS_A	1	$MS_A = SS_A / 1$
B	SS_B	1	$MS_B = SS_B / 1$
C	SS_C	1	$MS_C = SS_C / 1$
D	SS_D	1	$MS_D = SS_D / 1$
AB	SS_{AB}	1	$MS_{AB} = SS_{AB} / 1$
AC	SS_{AC}	1	$MS_{AC} = SS_{AC} / 1$
AD	SS_{AD}	1	$MS_{AD} = SS_{AD} / 1$
BC	SS_{BC}	1	$MS_{BC} = SS_{BC} / 1$
BD	SS_{BD}	1	$MS_{BD} = SS_{BD} / 1$
CD	SS_{CD}	1	$MS_{CD} = SS_{CD} / 1$
ABC	SS_{ABC}	1	$MS_{ABC} = SS_{ABC} / 1$
ACD	SS_{ACD}	1	$MS_{ACD} = SS_{ACD} / 1$
BCD	SS_{BCD}	1	$MS_{BCD} = SS_{BCD} / 1$
ABCD	SS_{ABCD}	1	$MS_{ABCD} = SS_{ABCD} / 1$
Error	SS_{error}	$(n - 16)$	$MS_{error} =$
Total	SS_{total}	$(n - 1)$	

FUENTE: adaptada de Lopez, (2021) y Montgomery, (2004)

Tabla 12: *Descripción del diseño experimental*

N°	Combinación de tratamiento	Factores			
		A Concentración de colorante (lanaset)	**B** Concentración de mordiente	**C** Temperatura	**D** Tiempo
1	*(1)*	-	-	-	-
2	*a*	+	-	-	-
3	*b*	-	+	-	-
4	*ab*	+	+	-	-
5	*c*	-	-	+	-
6	*ac*	+	-	+	-
7	*bc*	-	+	+	-
8	*abc*	+	+	+	-
9	*d*	-	-	-	+
10	*ad*	+	-	-	+
11	*bd*	-	+	-	+
12	*abd*	+	+	-	+
13	*cd*	-	-	+	+
14	*acd*	+	-	+	+
15	*bcd*	-	+	+	+
16	*abcd*	+	+	+	+

FUENTE: Elaboración propia

3.3 POBLACIÓN

Bernal, (2016) define la población como el conjunto de los elementos dentro de un espacio geográfico, en otras palabras, la población es el conjunto de las unidades de muestreo. Por tanto, en el estudio realizado la población es la fibra de alpaca de raza Huacaya, recolectada de los diferentes criadores del Distrito de Macusani, machos de edad 4 años (BLL) con el porcentaje de medulación caracterizada como fuertemente medulada (89.57 - 96.82%), continua (49.91- 62.90%), discontinua (65.32 - 77.81%) y fragmentada (24.99 - 41.50), teñido con colorantes sintéticos reactivo Lanaset y se evaluó la solidez al color del lavado y al frote.

a Criterio de selección inclusión

- Fibra de alpaca de raza Huacaya

- Fibra alpaca de color blanco
- Fibra alpaca de sexo machos
- Fibras de alpaca con 4 años de edad (BLL)

b Criterio de selección exclusión

- Fibra de raza suri
- Alpacas colores
- Alpacas hembras
- alpacas edades diferentes a 4 años (BLL)

3.4 TIPO DE MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

Las muestras son un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, que tiene que definirse y delimitarse con precisión y que sea representativo de la población Hernández *et al.,* (2014). En consecuencia el muestreo aplicado en el estudio es no probabilística ya que los factores de la investigación no han sido desarrollados por medio de probabilidades, más se consideró criterios vinculados a los objetivos Así mismo Ñaupas *et al.,* (2018), hace referencia el muestreo no probabilístico como el criterio del investigador en la selección de las unidades muestrales, según las características necesarias en la investigación. Entonces en la investigación se tomó 16 muestras con 2 réplicas, de 32 muestras de fibra de alpaca para cada tipo de medulación, y se analizó las pruebas de solidez al color, es decir se obtuvieron un total de 128 unidades muestrales.

3.4.1 TAMAÑO DE MUESTRA

El tamaño de la muestra es definido por el diseño experimental factorial 2^k, donde k=4, se consideró de la variable independiente los niveles y factores Concentración del colorante (A), concentración del mordiente (B), temperatura (C) y tiempo (D), por tanto en el análisis tiene 16 unidades muestrales de fibra de alpaca Huacaya con 2 réplicas, para los 4 tipos de medulación continua, discontinua, fragmentada y fuertemente medulada, y se evaluó la solidez de color al frote de 128 unidades muestrales y solidez de color al lavado de 128 unidades muestrales.

3.5 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

3.5.1 TÉCNICA

Arias, (2012) las técnicas son los paso para obtener los datos que se desarrollaron. La técnica empleada es la observación experimental.

- **Observación experimental:** Es una técnica que procesa datos en condiciones relativamente controladas por el investigador, particularmente porque éste puede manipular las variables (Ñaupas *et al.,* 2018). En la presente investigación se utilizó la técnica de observación experimental, del porcentaje y estructura medular y se desarrolló proceso de teñido sintético en unidades muestrales de fibra de alpaca Huacaya, considerando el porcentaje de la estructura medular, para la caracterización del tipo de medulación y todos los parámetros del teñido sintético en los laboratorios de fibras y teñido

3.5.2 INSTRUMENTOS

En el estudio se registró los datos ficha de registros. Los instrumentos de investigación son los recursos o dispositivos empleados, para obtener y registrar toda la información durante el desarrollo de la investigación (Arias, 2012).

- **Ficha de registro:** En la ficha de registro experimental se consignó la información de manera ordenada durante el proceso de teñido de las muestras de fibra considerando los tipos de medulación, en donde se detallaron los parámetros de estudio posteriormente se consignó los resultados de solidez de color al lavado y al frote que han sido evaluadas con la escala de grises, tomando en cuenta la metodología de las Normas Técnicas Peruanas.

3.6 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS, PARA LA CLASIFICACION DEL PORCENTAJE DE MEDULACON DE FIBRA DE ALPACA

Tabla 13: *Materiales para porcentaje de Medulación*

Materiales	Equipos	Reactivos
Porta muestras	Medulometro (Fiber Med)	Aceite de inmersión
Cubre objetos	Microtono	Bencina
Bolsitas siplox	Lavadora ultrasónica	Alcohol
Cinta masking		
Bandeja		
Probeta		
Vagueta		
Guillet		

FUENTE: Elaboracion propia

3.6.1 CLASIFICACIÓN DE FIBRA DE ALPACA SEGÚN TIPO DE MEDULACIÓN

Las muestras de fibra de alpaca se analizaron en el Equipo Fiber MED, evaluando el porcentaje de medulación y clasificando según el tipo de medulación, se encontró muestras con tipo de medulación: No meduladas, medulas fragmentas, discontinua, continua y fuertemente medulada



Figura 24: *Tipos de medulación ilustrativas en 3D*

FUENTE: Valdivia, (2024)

3.6.2 REACTIVOS

a Aceite de inmersión

Este insumo es empleado, para el uso del Fiber MED, con el fin de aumentar la resolución de la lente del microscopio y el espécimen del aceite transparente de alto índice de refracción, para obtener mayor precisión en los resultados. (microscopios, 2024)

3.6.3 EQUIPOS

a Medulómetro Fiber MED

Es un caracterizador de medulómetro inteligente equipo que se utiliza para caracterizar y medir. Su funcionamiento nos ayuda a determinar el diámetro de la fibra y tipo de medulación. (NTF Fiberstech, 2021)

3.7 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS, PARA EL PROCESO DE TEÑIDO Y PRUEBA DE SOLIDEZ AL COLOR

Tabla 14: *Materiales para el proceso de teñido y solidez al color*

Materiales	**Equipos**	**Reactivos**
Fibra de alpaca, con porcentaje de medulación	Datacolor	Colorante sintético
Tela de algodón 2x2 cm	Estufa	Detergente
Tela multifibra 5x10 cm	Balanza analítica	Mordiente
Pipeta	**Laundreometer**	Fijador
Vaso precipitado	**Crockmeter**	Igualante
Probeta	Escala de grises	Acido
	Cabina de luz	Agua blanda
	Cronometro	

FUENTE: Elaboracion propia

3.7.1 SUSTRATO TEXTIL

a Fibra de alpaca

El teñido se realizó en sustrato de 100% fibra de alpaca con porcentaje de medulación y tipo de medulación en cada muestra se pesó 3 gramos de muestra de fibra de alpaca.

- **Raza:** Huacaya
- **Sexo:** Macho
- **Color:** Blanco

- **Edad:** BLL
- **Tipo de medulación:** No meduladas, medulas fragmentas, discontinua, continua y fuertemente medulada

3.7.2 REACTIVOS Y AUXILIARES TEXTILES

a Colorantes sintéticos Lanaset®

Este tipo de colorante se caracteriza por tener un sistema de teñido adaptable e integral para teñir lana y mezclas, se obtienen resultados con alta solidez al color a la luz y humedad, es aplicable en fibras de origen animal, vegetal, sintéticas y mezclas de poliamida, acrílico, poliéster, seda, celulosa, se pueden teñir en todas las formas, en específico en fibras, sueltas, tops, hilados y prendas, en la investigación se utilizó los colorantes 4% amarillo 4GN y 6% Violeta B. (Huntsman, 2017)

b Detergente Helpawt PD-A

Es aplicable en el proceso de tintorería o lavandería, se conoce como el proceso de lavado húmedo antes del teñido, sirve para sacar los excedentes de suciedad en las muestras es aplicable para todo tipo de fibra y sus mezclas. (Huntsman, 2017).

c Mordiente Sal textil

Se encarga de fijar las moléculas de los colorantes, de tal manera aseguran la calidad del teñido en la solidez al color, la sal textil es empleado como mordiente, con el fin de fijar y estandarizar la intensidad del color con mayor adherencia del colorante en las fibras. (Castillo y Guevara, 2022)

d Fijador Acetato de Sodio (Na)

El acetato de sodio se encarga generar plasticidad, suavidad y propiedades antiestáticas en las fibras para que no sean repelentes al agua, al integrarse con el colorante cumple la función de fijar el color en la fibra, para en lo posterior no decolore o se transfiera color. (Ospina, 2020)

e Igualante Albegal SET

Es empleado en el proceso de teñidos con colorantes LANASET, ya que, promueve o ayuda la migración y difusión de este tipo de colorantes, además el Albegal SET, aumenta el nivel de igualación y evita que las moléculas de los colorantes se aglomeren manteniendo la calidad de la fibra o lana. (Anuka, 2018)

f Ácido Helpacid SB

El ácido Helpacid, es utilizado durante el proceso de tintorería con la finalidad de regular el pH del baño tintorero, ya que este parámetro es muy importante para la impregnación del colorante en el sustrato textil.

3.7.3 EQUIPOS

a Data color AHIBA IR

Equipo que se usa, para pruebas de laboratorio de muestras de sustratos colorados, se caracteriza por emplear calefacción para el calentamiento y un tablero de control de temperatura, tiempo y numero de vueltas, de los vasos metálicos



Figura 25: *Data color Ahiba IR*
FUENTE: Elaboración propia
Nota: Equipo del laboratorio cite textiles camélidos Cusco

b Laundreometer AC10-84

Es un equipo para determinar la solidez de color al lavado, de las telas textiles, contiene 8 vasos precipitados metálicos, con billas de 6 mm, asi mismo presenta un tablero de control, donde se puede controlar la temperatura del agua y el tiempo del lavado de las muestras.



Figura 26: *Laundreometer AC10-84*
FUENTE: Elaboración propia
Nota: equipo de laboratorio cite textil camélidos Cusco

c Crockmeter ATLAS

Es un equipo para determinar la solidez al frote de sustratos textiles tinturados, teñidos o estampados, a través del frotamiento repetido en húmedo o en seco.



Figura 27: *Crockmeter ATLAS*
FUENTE: Elaboración propia
Nota: equipo de laboratorio cite textil camélidos Cusco

d Estufa

Es un equipo utilizado para el secado de materiales sensibles a la luz solar, con aplicaciones de calentamiento, distribución uniforme de aire y temperatura, a su vez es utilizado en los ensayos de microbiología o proceso de esterilización de materiales.



Figura 28: *Estufa*
FUENTE: Elaboración propia
Nota: Equipo de laboratorio cite textil camélidos Cuso

e Cabina de luz

Es un equipo fundamental para el control de calidad así mismo permite corroborar si los colores siguen estando dentro de lo establecido, además, es necesario para realizar comparaciones de color tiene 4 tipos de luces definidos, luz diurna, luz en centros comerciales, luz ultra violeta y luz de bombillas (Goltech Solutions, 2024)



Figura 29: *Cabina de luz*
FUENTE: Elaboración propia
Nota: Equipo de laboratorio cite textil camélidos Cusco

f Escala de Grises

Es un equipo que permite evaluar visualmente la transferencia de color o machado debido a las pruebas de la solidez al color, la evaluación de los resultados oscila entre 1 y 5, donde 1 es malo y 5 es bueno.

Tabla 15: *Intervalo de calificación de escala de grises*

Intervalo	Solidez
1 – 1.5	Muy mala Solidez
2 - 2.5	Mala Solidez
3 - 3.5	Regular solidez
4 - 4.5	Buena Solidez
5	Excelente Solidez

FUENTE: Norma Técnica Peruana NTP 231.005:2014



Figura 30: *Lamina de escala de gris*
FUENTE: Elaboración propia
Nota: Instrumento del laboratorio de cite camélidos textil Cusco

3.8 PROCEDIMIENTO PARA LA CLASIFICACION DEL PORCENTAJE DE MEDULACON DE FIBRA DE ALPACA

3.8.1 TOMA DE MUESTRAS

La muestran han sido recolectadas en la Provincia de Carabaya, Distrito de Macusani, considerando la NTP 231.95.1980 “Método de muestreo para la fibra de alpaca”, entonces, se ha extraído la muestra del costillar medio de la alpaca, que según normar es la parte representativa de todo el vellón de la fibra. Se tomaron 32 muestras, de la raza Huacaya, sexo macho, color blanco y de edad BLL.

3.8.2 LAVADO DE MUESTRAS

Para el análisis de medulación se realizó el lavado de la fibra de alpaca con mezcla de alcohol y bencina en la lavadora ultrasónica para muestras, en cumplimiento del método IWTO -8 – 2011, este método ha sido acondicionado para obtener resultados con mayor precisión, ya que, al sumergir las muestras de fibra de alpaca en alcohol y bencina, tienden a ser transparentes y con poca reflexión, además la índice refracción del alcohol y la lana son parecidos, por tanto, en el proceso de análisis de medulación en Fiber MED, se muestra mejor las fibras meduladas y no meduladas.

3.8.3 CORTE DE FRAGMENTOS

Los framentos de la mecha de la fibra son elaborados con el funcionamiento del instrumento del microntono, que tiene una separación de 1.6 a 2.0 mm, este instrumento nos ayudó a obtener fragmentos de muestra de fibra uniforme cada una de 1 mm de fragmento. Además, se cortó más de 2000 fragmentos en cada muestra de fibra.

3.8.4 PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Las muestras han sido preparadas en portaobjetos, limpios con fragmentos de fibra, se agrega una gota de aceite de inmersión, para esparcir la fibra finalmente se agrega la lámina de cubre objetos, evitando la formación de vacíos de aire en la muestra.

3.8.5 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE MEDULACIÓN

Se analizaron 32 muestras, con un código de identificación, para obtener, porcentaje de medulación y los tipos de medulación, así mismo las imágenes de la medulación han sido proyectadas en la laptop

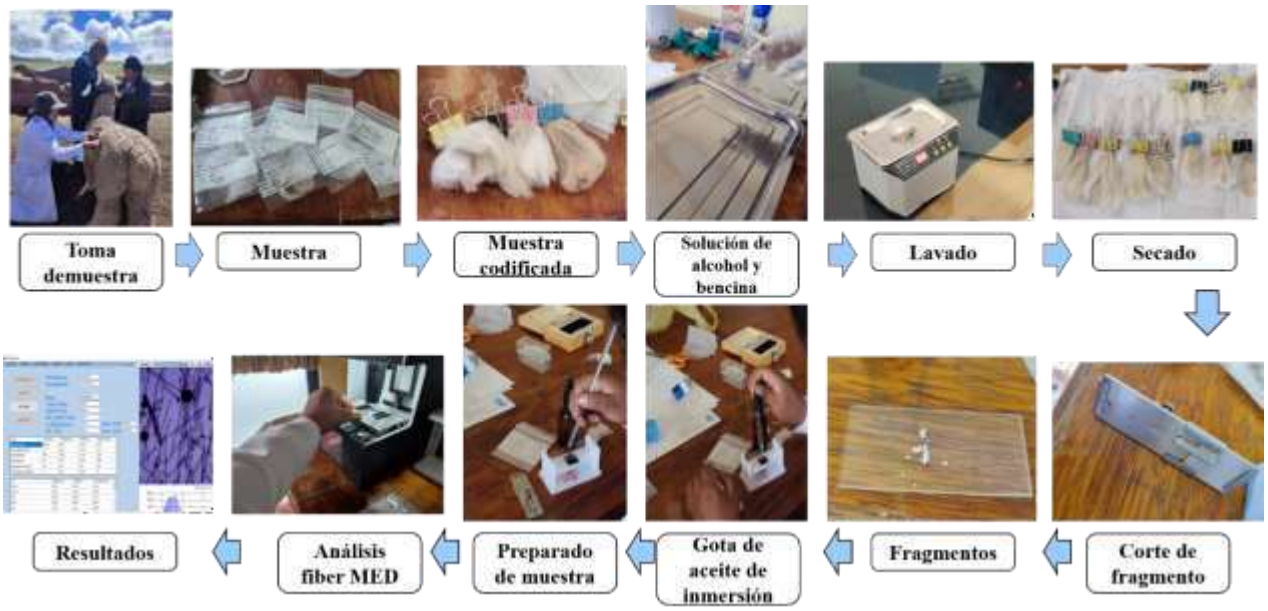


Figura 31: *Secuencia fotográfica del proceso de caracterización de la medula*

FUENTE: Elaboración propia

3.9 PROCEDIMIENTO PARA EL PROCESO DE TEÑIDO Y PRUEBA DE SOLIDEZ AL COLOR

3.9.1 PESADO DE FIBRA

El pesado de fibra de alpaca se ha realizado después de la caracterización del tipo de medulación, realizado en la balanza de alta precisión, para determinar el volumen de agua y la cantidad del mordiente en el proceso de teñido, ya que el peso de las muestras no es igual.

3.9.2 PRETRATAMIENTO

El lavado y humectado antes del proceso de coloración se realizó para sacar el excedente de suciedad y grasa de la fibra, para el lavado de las muestras se utilizó el detergente Invadina Lun, en una proporción de 2.5 g/l con una relación de baño 1/30, a una temperatura 30 °C.

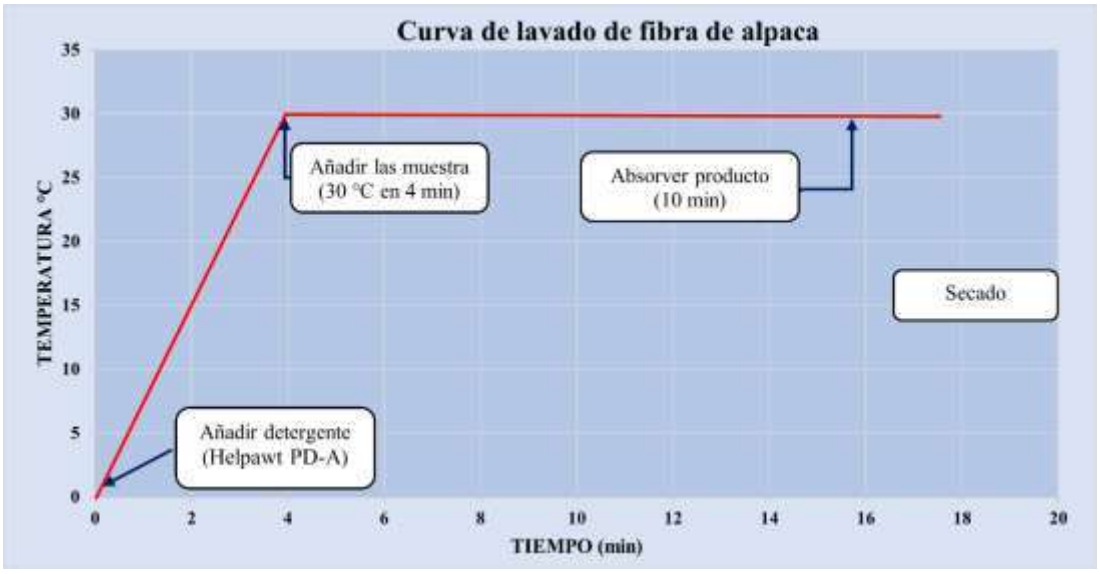


Figura 32: *Curva de pretratamiento*
FUENTE: Elaboración propia

Tabla 16: *Calculo para el pretratamiento de fibra de alpaca replica N°1*

N°	Peso (g)	Volumen (ml)	Cantidad de detergente (g/l)
1	3.29	98.7	
2	3.19	95.7	
3	3.3	99	
4	3.22	96.6	
5	3.25	97.5	
6	3.17	95.1	
7	3.31	99.3	
8	3.25		3.8725
9	3.2	96	
10	3.15	94.5	
11	3.22	96.6	
12	3.28	98.4	
13	3.17	95.1	
14	3.3	99	
15	3.16	94.8	
16	3.19	95.7	
TOTAL	**51.65**	**1549.5**	**3.8725**

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 17: *Calculo para el pretratamiento de fibra de alpaca replica N°2*

N°	Peso (g)	Volumen (ml)	Cantidad de detergente (g/l)
1	3.3	99	
2	3.23	96.9	
3	3.17	95.1	
4	3.27	98.1	
5	3.2	96	
6	3.14	94.2	
7	3.3	99	
8	3.28	98.4	3.8775
9	3.16	94.8	
10	3.15	94.5	
11	3.25	97.5	
12	3.28	98.4	
13	3.29	98.7	
14	3.23	96.9	
15	3.29	98.7	
16	3.19	95.7	
TOTAL	**51.73**	**1551.9**	**3.8775**

FUENTE: Elaboración propia

3.9.3 PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA

El teñido se realizó en la maquina Datacolor Ahiba IR, que cumple la función de ser programado conforme a los parámetros de tiempo y temperatura, con 20 vasos de aluminio primeramente se realizó los cálculos de los auxiliares de teñido y el volumen de agua, para cada muestra, se agregó el colorante amarillo (4GN 4%) y violeta (B 6%) y los auxiliares la concentración del mordiente de 1.8 y 2.8 g/l (Sal industrial), igualante en la medida 1 g/l (Albegal SET), también se le agrego el fijador en la medida 0.5 g/l (Acetato de Sodio Na) y por último el ácido en la medida de 1 g/l para regular el pH del baño tintorero (Helpacid SB), por último se añade la muestra de fibra de alpaca previamente lavada.

Finalmente se aseguraron herméticamente los vasos, y se coloca las muestras en el equipo de manera equilibrada, donde se programó el tiempo y temperatura de teñido, así mismo el teñido inicia a una temperatura de 15 °C de tal manera la temperatura asciende durante el tiempo de teñido, hasta llegar a la temperatura programada

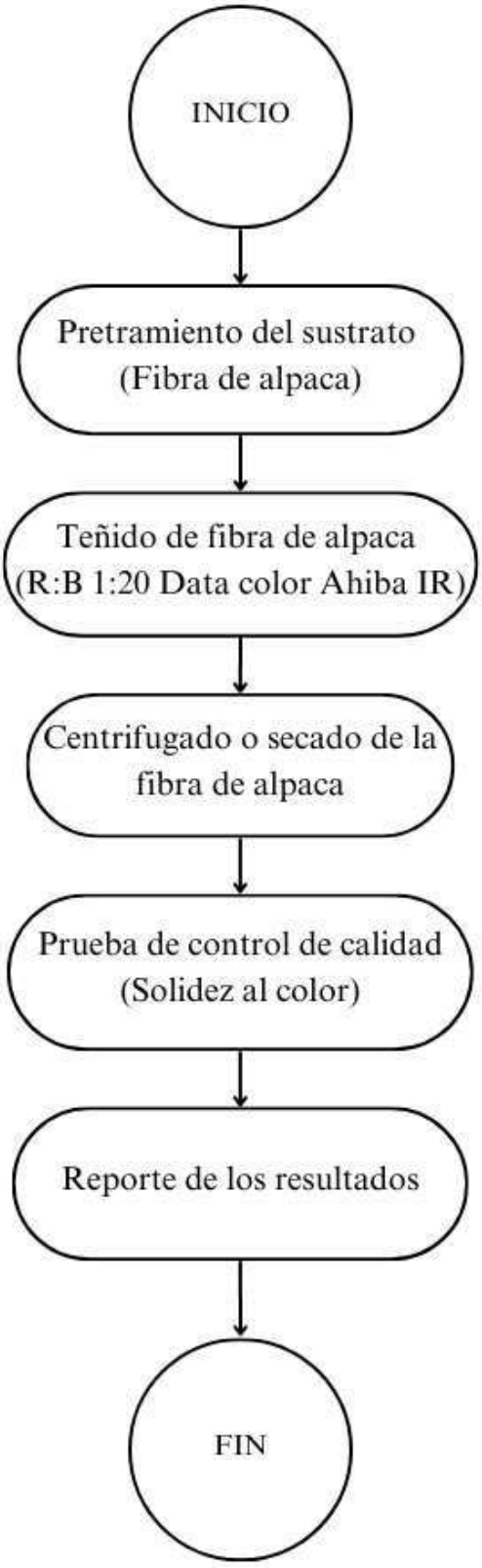


Figura 33: *Diagrama de flujo proceso de teñido*

FUENTE: Elaboración propia

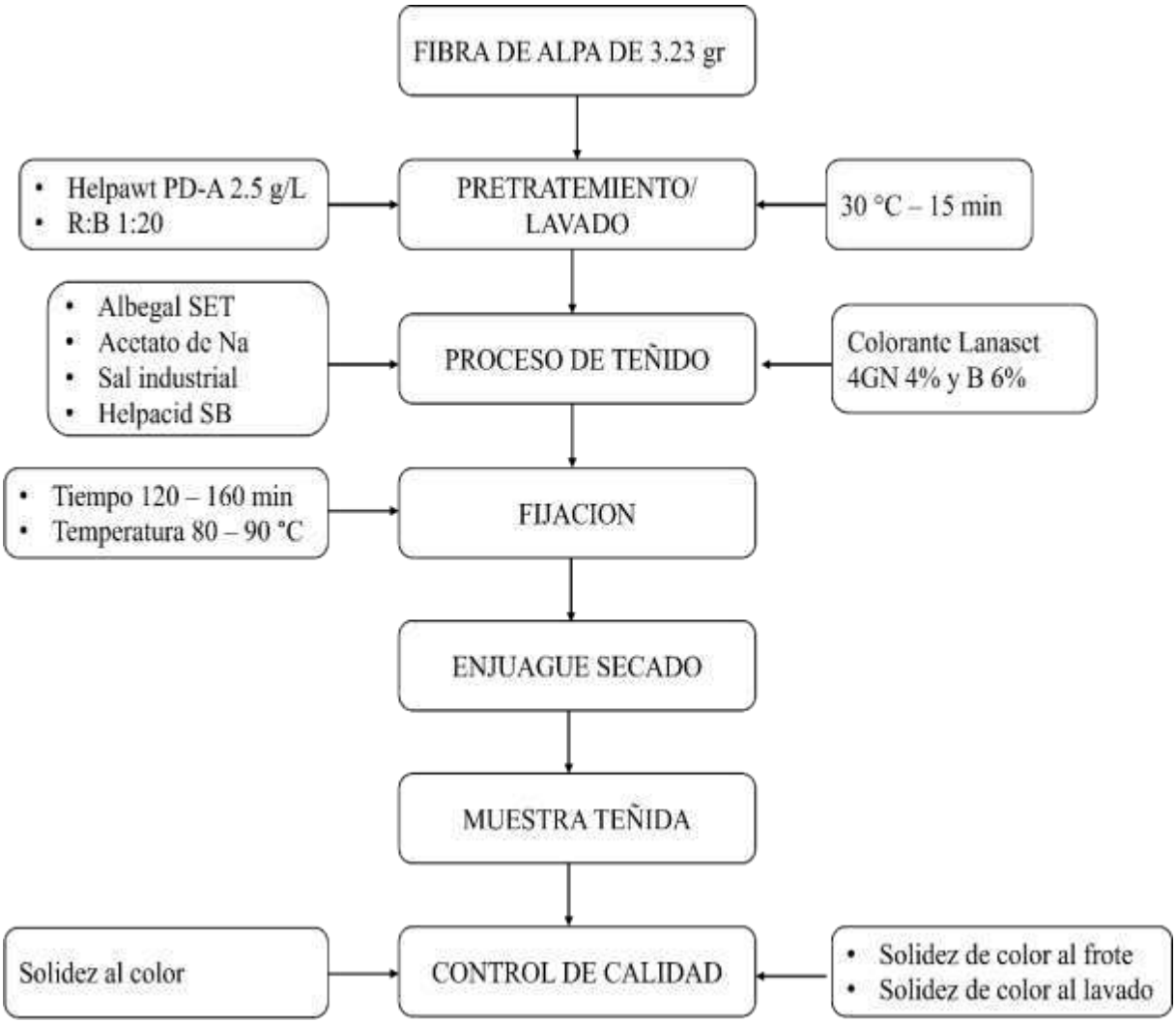


Figura 34: *Diagrama de bloque del proceso de teñido*

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 18: *Parámetros no controlables en el proceso de teñido de fibra de alpaca*

N°	Peso (g)	Concentración de colorante (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Cantidad de colorante(g)	Cantidad de mordiente (g)	Fijador (0.5 g/L)	Igualante 0.1 g/L	Acido (1 g/L)
1	3.23	4	1,8	0.13	0.09	0.32	0.3	0.6
2	3.23	6	1,8	0.19	0.09	0.32	0.3	0.6
3	3.23	4	2.8	0.13	0.06	0.32	0.3	0.6
4	3.23	6	2.8	0.19	0.06	0.32	0.3	0.6
5	3.23	4	1,8	0.13	0.09	0.32	0.3	0.6
6	3.23	6	1,8	0.19	0.09	0.32	0.3	0.6
7	3.23	4	2.8	0.13	0.06	0.32	0.3	0.6
8	3.23	6	2.8	0.19	0.06	0.32	0.3	0.6
9	3.23	4	1,8	0.13	0.09	0.32	0.3	0.6
10	3.23	6	1,8	0.19	0.09	0.32	0.3	0.6
11	3.23	4	2.8	0.13	0.06	0.32	0.3	0.6
12	3.23	6	2.8	0.19	0.06	0.32	0.3	0.6
13	3.23	4	1,8	0.13	0.09	0.32	0.3	0.6
14	3.23	6	1,8	0.19	0.09	0.32	0.3	0.6
15	3.23	4	2.8	0.13	0.06	0.32	0.3	0.6
16	3.23	6	2.8	0.19	0.06	0.32	0.3	0.6
17	3.23	4	1,8	0.13	0.09	0.32	0.3	0.6
18	3.23	6	1,8	0.19	0.09	0.32	0.3	0.6
19	3.23	4	2.8	0.13	0.06	0.32	0.3	0.6
20	3.23	6	2.8	0.19	0.06	0.32	0.3	0.6
21	3.23	4	1,8	0.13	0.09	0.32	0.3	0.6
22	3.23	6	1,8	0.19	0.09	0.32	0.3	0.6
23	3.23	4	2.8	0.13	0.06	0.32	0.3	0.6
24	3.23	6	2.8	0.19	0.06	0.32	0.3	0.6
25	3.23	4	1,8	0.13	0.09	0.32	0.3	0.6
26	3.23	6	1,8	0.19	0.09	0.32	0.3	0.6
27	3.23	4	2.8	0.13	0.06	0.32	0.3	0.6
28	3.23	6	2.8	0.19	0.06	0.32	0.3	0.6
29	3.23	4	1,8	0.13	0.09	0.32	0.3	0.6
30	3.23	6	1,8	0.19	0.09	0.32	0.3	0.6
31	3.23	4	2.8	0.13	0.06	0.32	0.3	0.6
32	3.23	6	2.8	0.19	0.06	0.32	0.3	0.6

FUENTE: Elaboración Propia

3.9.4 PARÁMETROS CONTROLADOS

a Concentración del Colorante

Balasingam y Mahar, (2005), mencionan que la concentración y el tono de los colorantes es un parámetro importante para determinar la calidad de fibras teñidas con porcentaje de medulación, por tanto, en la investigación se tomó dos concentraciones y tonos del colorante lañaste, 4% de amarillo (4GN) y 6% de violeta (B), de acuerdo a la ficha técnica de colorantes lanaset.

b Concentración del Mordiente

El proceso de Mordentado en el proceso de teñido es un parámetro importante, porque, este auxiliar se encarga, de fijar las moléculas del colorante en el sustrato de fibra de alpaca, en la investigación se empleó 2 concentraciones de mordiente de sal textil o sal industrial 1.8 g/l y 2.8 g/l

c Temperatura

Se consideró dos temperaturas de 80 °C y 90 °C, para el proceso de teñido en esta investigación, se trabajó con estas dos temperaturas por la experiencia del especialista de teñidos del Cite Textil Cusco, ya que a mayor de 100°C temperatura la fibra de alpaca presenta daños y cambios en su estructura.

d Tiempo

En este estudio se consideró dos tiempos de teñido 120 min y 160 min, que está relacionado con la impregnación de las moléculas del tinte en la fibra de alpaca. Se tomo en cuenta la literatura de a receta de coloración de fibra de alpaca o lana de ovino.

Tabla 19: *Parámetros controlables del teñido de fibra de alpaca*

N°	A Concentración de colorante (%)	B Concentración de mordiente (g/l)	C Temperatura(°C)	D Tiempo(min)
1	4	1,8	80.00	120
2	6	1,8	80.00	120
3	4	2.8	80.00	120
4	6	2.8	80.00	120
5	4	1,8	90.00	120
6	6	1,8	90.00	120
7	4	2.8	90.00	120
8	6	2.8	90.00	120
9	4	1,8	80.00	160
10	6	1,8	80.00	160
11	4	2.8	80.00	160
12	6	2.8	80.00	160
13	4	1,8	90.00	160
14	6	1,8	90.00	160
15	4	2.8	90.00	160
16	6	2.8	90.00	160

FUENTE: Elaboración propia

3.7.3. ENJUAGADO

El enjuague es realizado a una temperatura de 20°C en un tiempo de 10 min, con el finde quitar el tinte que no se impregno en la fibra de alpaca con abundante agua hasta que no exista desprendimiento del colorante de la fibra.

3.9.5 SECADO

El secado se realizó en la estufa, para que se proceda a secar durante 15 min a una temperatura de 60°C, para posteriormente realizar la prueba de solidez al color al lavado y frote.

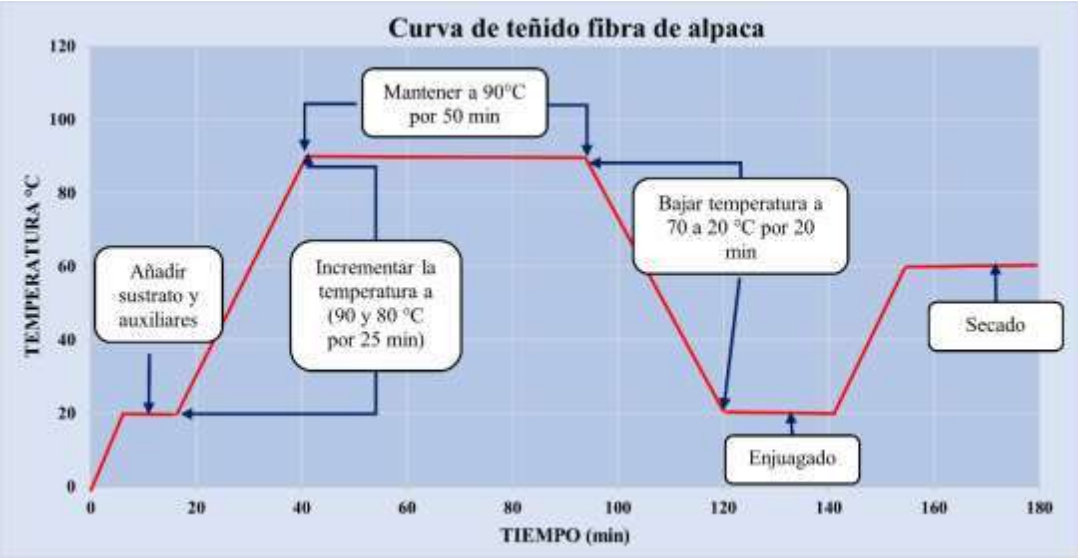


Figura 35:*Curva de teñido para muestra de fibra de alpaca*

FUENTE: Elaboración propia



Figura 36: *Secuencia fotográfica del proceso de teñido*

FUENTE: Elaboración propia

3.10 PRUEBAS DE SOLIDECES AL COLOR DE FIBRA DE ALPACA

3.10.1 EVALUACIÓN DE SOLIDEZ DE COLOR AL FROTE EN SECO

La prueba de solidez de color al frote, se basó en las normas de la Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas Textiles, (2014), esta prueba de calidad consiste en utilizar una tela de algodón blanca estándar, para frotar en la superficie de los sustratos teñidos, por otro lado

la Norma Técnica Peruana NTP 231:042:2009 (Revisada el (2019), esta prueba puede ser realizado en hilados tejidos, con un espécimen (tejidos de algodón) de 5x5cm y el hilo o tejido debe ser de 2 x 13 cm, prueba de solidez al frote es realizado a través de la frotación, para observar la cantidad de colorante transferido al espécimen, de teñidos o telas estampadas (INACAL, 2009).

En la investigación se consideró la metodología de la NTP 231:042:2009 y ATCC 8, se realizó la solidez al frote en seco en hilos de fibra de alpaca, con porcentaje de medulación, por tanto, se enrollo en cartones prensado en dirección longitudinal de 13 x 5 cm de hilado, así mismo en el frictrometro (Crockmeter), se progr632.amó 20 vueltas de ida y vuelta del dedal del equipo.

Finalmente se sacó el espécimen, seguidamente se procedió a sacar los restos de fibra en el tejido de algodón, para evaluar en la cámara de iluminación y con la cartilla de grises la cantidad del color transferido

Tabla 20: *Parámetros aplicados en la solidez al frote*

Parámetro	**valores**
N° frote de ciclos	10
Medida del espécimen	5 x 13 cm
Medida del testigo	5 x 5 cm



Figura 37: *Secuencia fotográfica de solidez de color al frote*

FUENTE: Elaboración propia

3.10.2 EVALUACIÓN DE SOLIDEZ DE COLOR AL LAVADO

La evaluación de la solidez al lavado se realizó utilizando la NTP 231.008:2015, (2022), que están basados en la prueba de transferencia de color de la fibra de alpaca a multifarias, en una solución de agua con detergente de 200 ml, finalmente se realiza la evaluación visual con la cartilla de grises la cantidad de transferencia de color a las multifibras.

En el estudio de acuerdo NTP 231.008:2015, (2022), se empleó el Ensayo opción N° 1A, por ende, el proceso de solidez al lavado se consideró los siguientes parámetros: 40°C temperatura, 200ml de volumen total, 0.37 g detergente sólido, 10 billas de acero y 45 min de tiempo. Además, las multifibras son de 5cm x 10cm, que integra varios tejidos de acetato, algodón, nylon, poliéster, acrílico y lana. (Instituto Nacional de Calidad INACAL 2023).

Seguidamente se engrapa la multifibra con la muestra de tejido de fibra de alpaca, así mismo se realiza el pesado del detergente, para la preparación de la solución del lavado, en los vasos de ensayo se introdujo la solución del detergente juntamente con las 10 billas y finalmente la muestra previamente arrugada, para este proceso en el equipo se programó la temperatura a 40°C y tiempo de 45 min, por último se enjuagaron las muestras con abundante agua en tiempo prudente y así mismo se procedió con el secado de muestras a una temperatura de 65°C por 10 min.

Finalmente se evaluó la cantidad de transferencia de color en las multifibras, en la cabina de luces, con la ayuda de la escala de grises.

Tabla 21: *Parámetros aplicados en la solidez al lavado*

Parámetro	**valores**
Temperatura	40°C
Volumen	200 ml
Detergente	0.37 gr
N° de billas	10
Multifibra	5 x 10 cm

FUENTE: Norma Técnica Peruana NTP 231.008:2015



Figura 38: *Secuencia fotográfica de solidez de color al lavado*

FUENTE: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 SUPUESTOS DE ANOVA PARA LA SOLIDEZ DEL COLOR DEL PORCENTAJE DE MEDULACIÓN

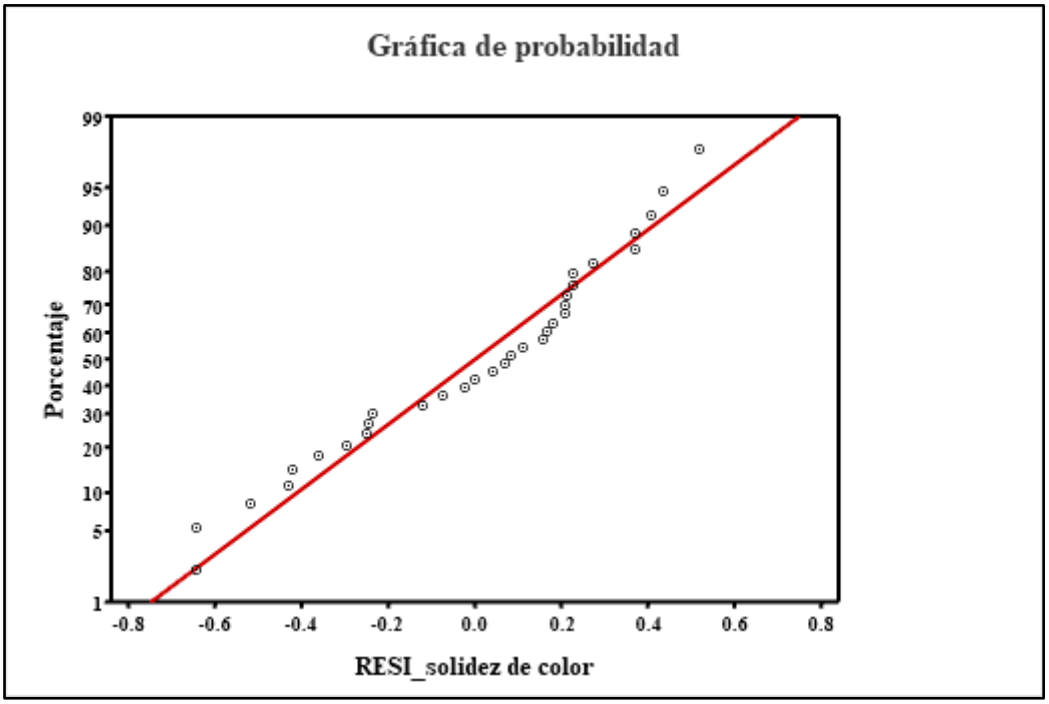
- **Prueba de normalidad**

Con la finalidad de obtener la normalidad de los datos registrados, para ello se aplicó la prueba de Ryan- Joiner que es congruente a la prueba de Shapiro Wilk, considerando las pruebas pequeñas menores a 50 muestras, con un nivel de significancia de 0.05.

- **Hipótesis de la normalidad**
  - **H_0:** los datos muestran una distribución normal, cuando el p valor es > 0.05
  - **H_1:** los datos no muestran una distribución normal, cuando el p valor es ≤ 0.05

Tabla 22: *Resultados para la solidez de color del porcentaje de medulación (prueba de Ryan-Joiner)*

	Media	**Desviación estándar**	**N**	**RJ**	**Valor p**
Solidez del color	0	0.3223	32	0.981	0.1000



p=0.1000, RJ=0.981

Figura 39: *Grafica de probabilidad normal de solidez de color en porcentaje de medulación*

Como se muestra en la tabla 22 y figura 39 los datos se presentan una distribución aproximadamente lineal en la solidez al color, en pruebas con tipo de medulación definida. La prueba de Ryan-Joiner (RJ = 0.981) y el valor p > 0.100, no se rechaza la hipótesis nula con un nivel de significancia de 0.05, los datos poseen distribución normal.

- **Prueba de homogeneidad de varianza**

  Para contrastar la homogeneidad de varianzas entre los grupos de los datos, se aplicó la prueba de Levene.

- **Hipótesis de la prueba de homogeneidad de varianza**
  - **H_0:** las varianzas de los grupos son iguales, cuando p valor > 0.05
  - **H_1:** las varianzas de los grupos son diferentes de las demás, cuando p valor ≤ 0.05

Tabla 23: *Prueba de Levene para la solidez del color del porcentaje de medulación*

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.927
Levene	0.37	0.918

En la tabla 23 se observa la estadística de Levene, con un p valor = 0.918, que resulto mayor que el nivel de significancia de 0.05, por ende, no se rechaza la hipótesis nula, es decir los datos cumplen con la homogeneidad de varianzas.

4.1.2 SUPUESTOS DE ANOVA PARA LA SOLIDEZ DEL COLOR AL FROTE POR TIPO DE MEDULACIÓN

a Medula fragmentada

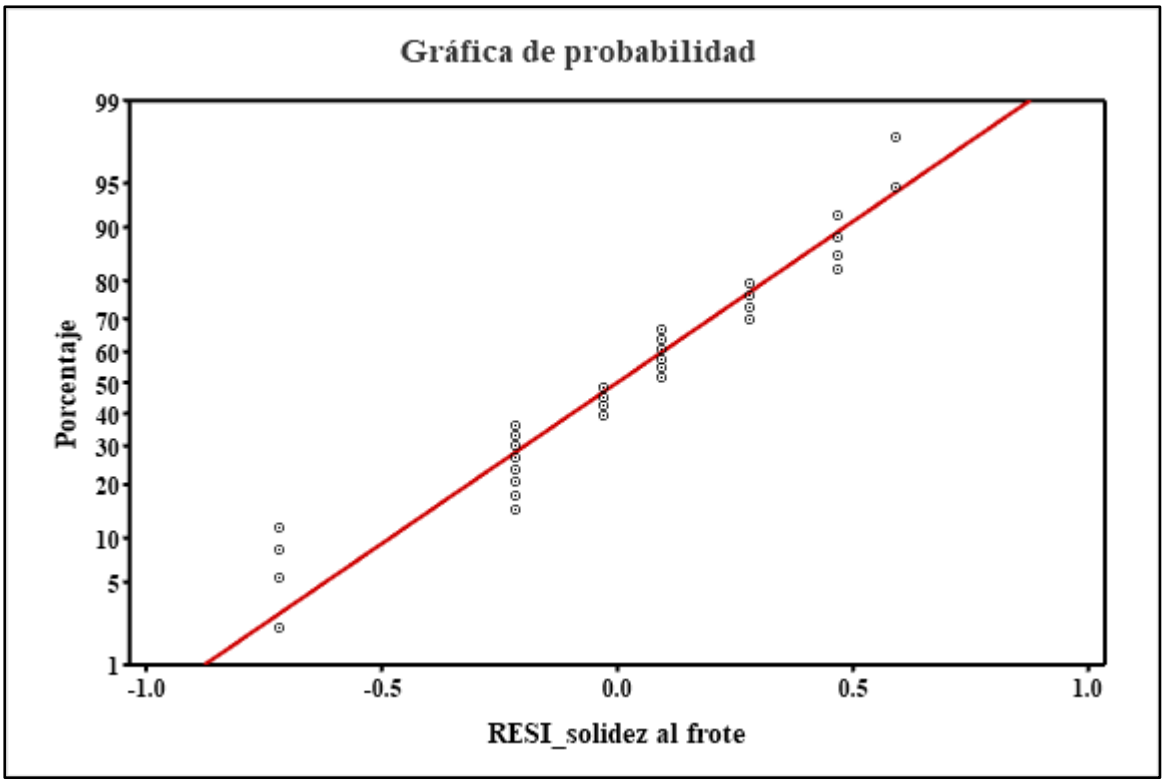
- **Prueba de normalidad**

Con la finalidad de obtener la normalidad de los datos registrados, para ello se aplicó la prueba de Ryan- Joiner que es congruente a la prueba de Shapiro Wilk, considerando las pruebas pequeñas menores a 50 muestras, con un nivel de significancia de 0.05

- **Hipótesis de normalidad**
  - **H_0:** los datos muestran una distribución normal, cuando el p valor es > 0.05
  - **H_1:** los datos no muestran una distribución normal, cuando el p valor es ≤ 0.05

Tabla 24: *Resultados para la solidez de color al frote de fibra con tipo de medulación fragmentada (prueba de Ryan- Joiner)*

	Media	Desviación estándar	N	RJ	Valor p
Solidez al frote	-5.55112E-17	0.3770	32	0.983	>0.100



p=0.100, RJ=0.983

Figura 40: *Grafica de probabilidad normal de solidez de color al frote de fibra con tipo de medulación fragmentada (Anexo 23 residuos)*

En la tabla 24 y figura 40 resulta puntos con distribución normal, aproximadamente lineal en solidez al color al frote en muestras con tipo de medulación fragmentada con el estadístico de Ryan-Joiner (RJ = 0.983) y el valor p > 0.100, entonces, no se rechaza la hipótesis nula, considerando el nivel de significancia de 0.05, los datos tienen una distribución normal.

- **Prueba de homogeneidad de varianza**

Para contrastar la homogeneidad de varianzas entre los grupos de los datos, se aplicó la prueba de Levene.

- **Hipótesis de la prueba de homogeneidad de varianza**
  - **H_0:** las varianzas de los grupos son iguales, cuando p valor > 0.05
  - **H_1:** las varianzas de los grupos son diferentes de las demás, cuando p valor ≤ 0.05

Tabla 25: *Prueba de Levene para la solidez del color al frote de fibra con tipo de medulación fragmentada*

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.999
Levene	0.10	0.998

En la tabla 25 se observa la estadística de Levene, con p valor = 0.998, resulto más que el nivel de significancia del 0.05, entonces no hay evidencias para rechazar la hipótesis nula, es decir los datos presentan varianzas constantes, por ende, cumple con la homogeneidad de varianzas.

b Medula discontinua

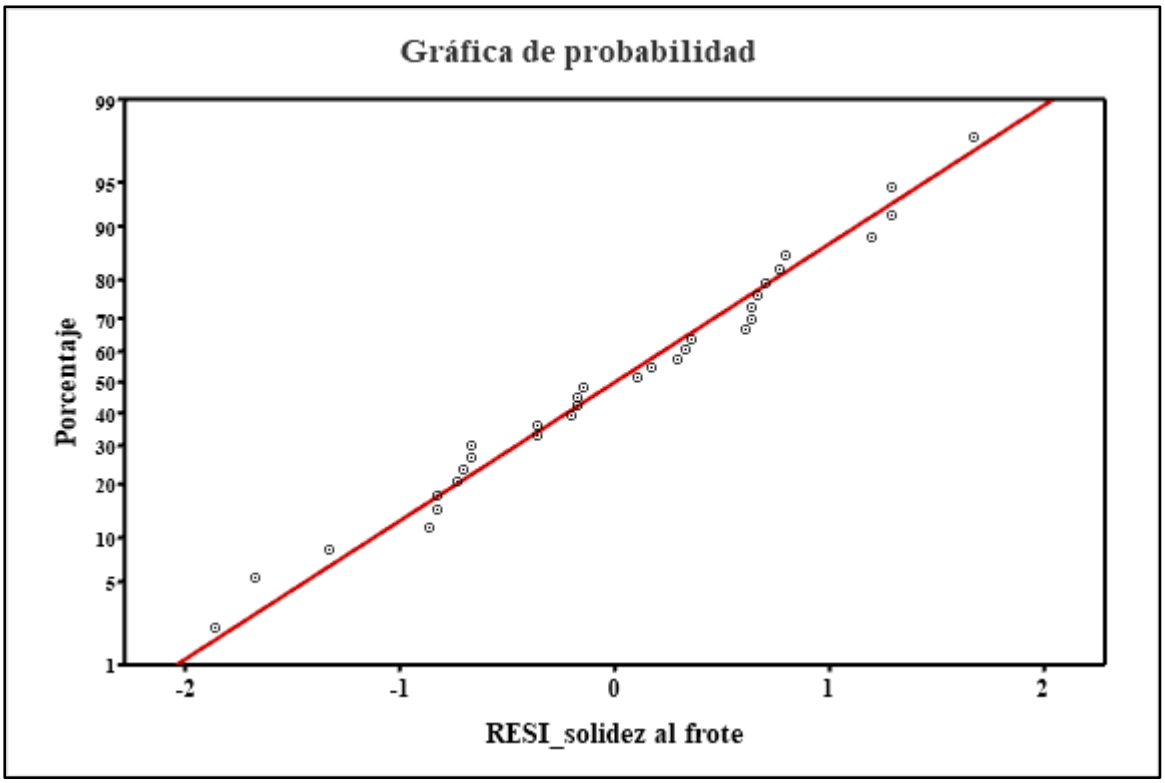
- **Prueba de normalidad**

Con la finalidad de obtener la normalidad de los datos registrados, para ello se aplicó la prueba de Ryan- Joiner que es congruente a la prueba de Shapiro Wilk, considerando las pruebas pequeñas menores a 50 muestras, con un nivel de significancia de 0.05

- **Hipótesis de normalidad**
- **H_0:** los datos muestran una distribución normal, cuando el p valor es > 0.05
- **H_1:** los datos no muestran una distribución normal, cuando el p valor es ≤ 0.05

Tabla 26: *Resultados para la solidez de color al frote de fibra con tipo de medulación fragmentada (prueba de Ryan- Joiner)*

	Media	Desviación estandar	N	RJ	Valor p
Solidez al frote	0	0.8757	32	0.992	>0.100



p=0.100, RJ=0.992

Figura 41: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al frote de fibra con tipo de medulación discontinua (Anexo 23 residuos)*

En la tabla 26 y figura 41 muestran una distribuyen de manera normal, aproximadamente lineal en la solidez al color al frote en muestras con tipo de medulación discontinua con el estadístico de Ryan-Joiner (RJ = 0.983) y el valor p > 0.100, por ende, no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis alterna, siendo nivel de significancia de 0.05, los datos tienen una distribución normal

- **Prueba de homogeneidad de varianza**

  Para contrastar la homogeneidad de varianzas entre los grupos de los datos, se aplicó la prueba de Levene.

- **Hipótesis de la prueba de homogeneidad de varianza**
  - **H_0:** las varianzas de los grupos son iguales, cuando p valor > 0.05
  - **H_1:** las varianzas de los grupos son diferentes de las demás, cuando p valor ≤ 0.05

Tabla 27: *Prueba de Levene para la solidez del color al frote de fibra con tipo de medulación discontinua*

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.994
Levene	0.24	0.973

En la tabla 27 se observa la prueba estadística de Levene, con un P valor = 0.973, resulto más el nivel de significancia de 0.05, entonces no existe evidencia para aceptar la hipótesis alterna, es decir los datos presentan varianzas constantes, por ende, cumple con la homogeneidad de varianzas.

c Medula continua

- **Prueba de normalidad**

  Con la finalidad de obtener la normalidad de los datos registrados, para ello se aplicó la prueba de Ryan- Joiner que es congruente a la prueba de Shapiro Wilk, considerando las pruebas pequeñas menores a 50 muestras, con un nivel de significancia de 0.05

- **Hipótesis de normalidad**
  - **H_0:** los datos muestran una distribución normal, cuando el p valor es > 0.05
  - **H_1:** los datos no muestran una distribución normal, cuando el p valor es ≤ 0.05

Tabla 28: *Resultados para la solidez de color al frote de fibra con tipo de medulación continua (prueba de Ryan- Joiner)*

	Media	Desviación estandar	N	RJ	Valor p
Solidez al frote	5.551115E-17	0.3507	32	0.997	0.100

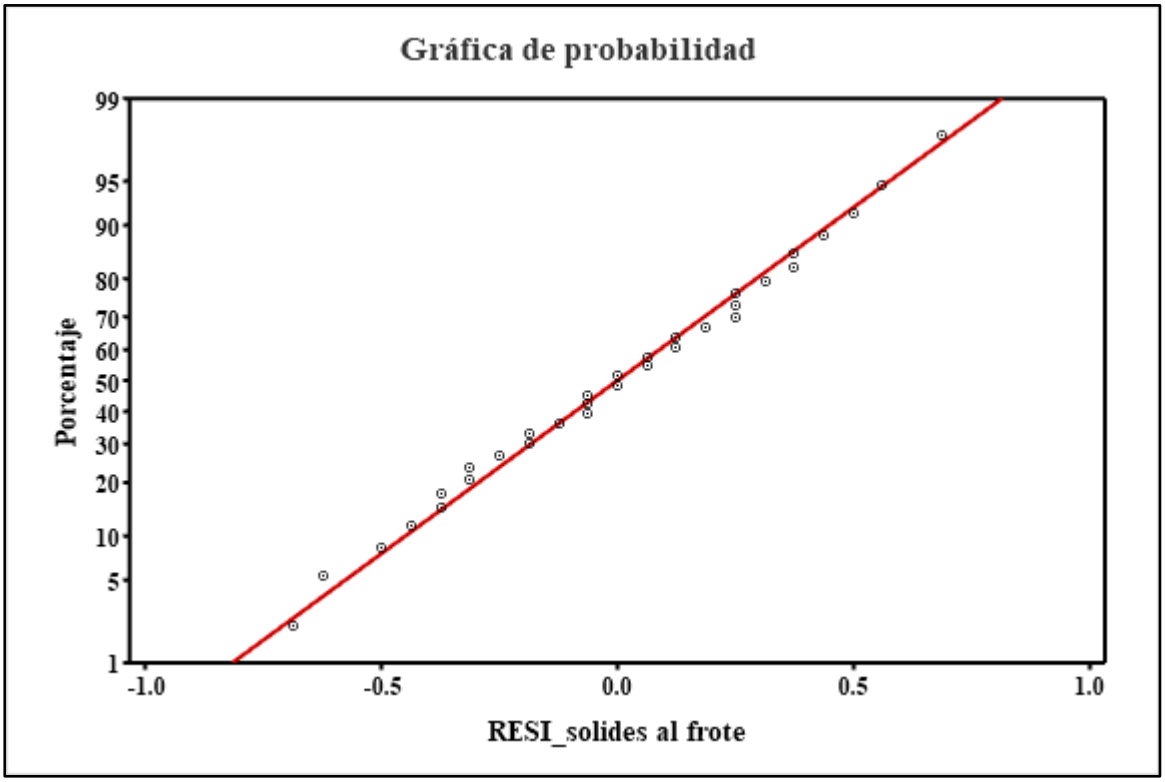


Figura 42: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al frote de fibra con tipo de medulación continua (Anexo 23 residuos)*

En la tabla 28 y figura 42 muestran puntos que con distribución normal, aproximadamente lineal en la solidez al color al frote en muestras con tipo de medulación continua con el estadístico de Ryan-Joiner (RJ = 0.976) y el valor p > 0.100, por ende, no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis alterna, considerando el nivel de significancia de 0.05, los datos tienen una distribución normal

- **Prueba de homogeneidad de varianza**

  Para contrastar la homogeneidad de varianzas entre los grupos de los datos, se aplicó la prueba de Levene.

- **Hipótesis de la prueba de homogeneidad de varianza**
  - **H_0:** las varianzas de los grupos son iguales, cuando p valor > 0.05
  - **H_1:** las varianzas de los grupos son diferentes de las demás, cuando p valor ≤ 0.05

Tabla 29: *Prueba de Levene para la solidez del color al frote de fibra con tipo de medulación continua*

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	1.000
Levene	0.01	1.000

En la tabla 29 se observa la prueba estadística de Levene, con un P valor = 1.000, es mas que el nivel de significancia de 0.05, por ende, la hipótesis nula es aceptada, es decir los datos presentan varianzas constantes, por ende, cumple con la homogeneidad de varianzas.

d Fuertemente medulada

- **Prueba de normalidad**

  Con la finalidad de obtener la normalidad de los datos registrados, para ello se aplicó la prueba de Ryan- Joiner que es congruente a la prueba de Shapiro Wilk, considerando las pruebas pequeñas menores a 50 muestras, con un nivel de significancia de 0.05

- **Hipótesis de normalidad**
  - **H_0:** los datos muestran una distribución normal, cuando el p valor es > 0.05
  - **H_1:** los datos no muestran una distribución normal, cuando el p valor es ≤ 0.05

Tabla 30: *Resultados para la solidez de color al frote de fibra con tipo fuertemente medulada (prueba de Ryan- Joiner)*

	Media	Desviación estandar	N	RJ	Valor p
Solidez al frote	0	0.3062	32	0.991	>0.100

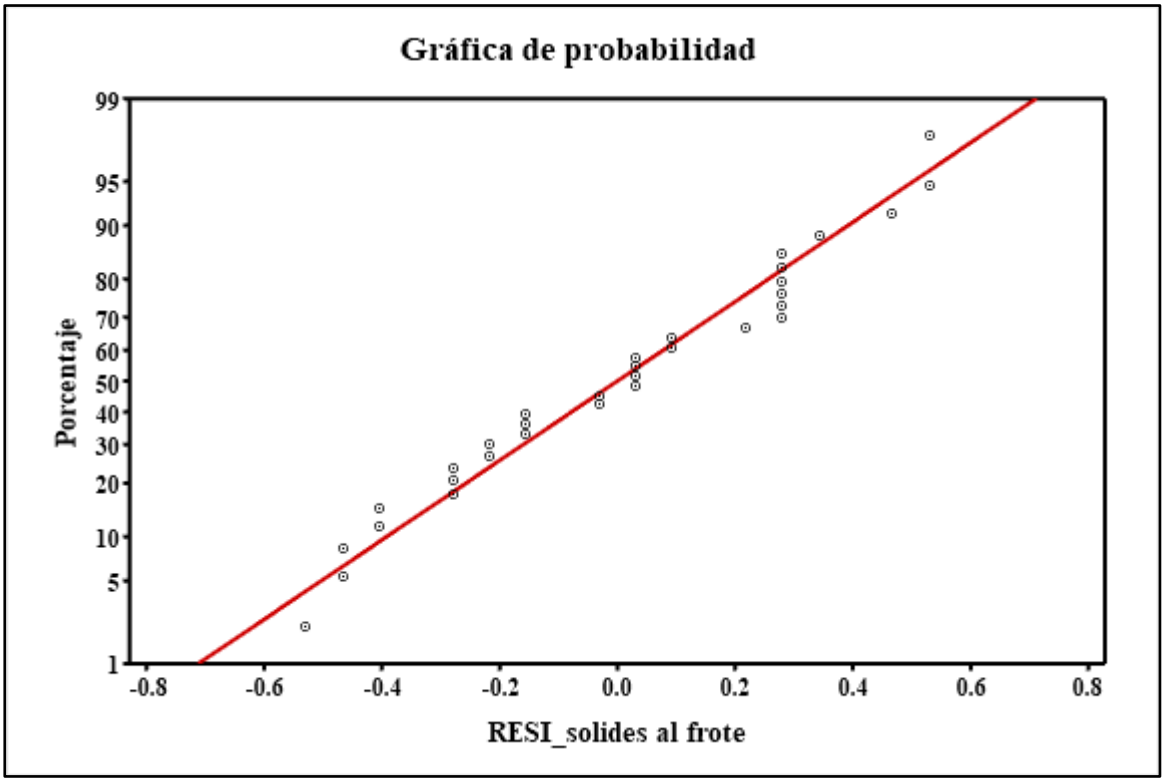


Figura 43: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al frote de fibra con tipo fuertemente medulada (Anexo 23 residuos)*

En la tabla 30 y figura 43 resulta que se distribuyen de manera normal, aproximadamente lineal en la solidez al color al frote en muestras con tipo fuertemente medulada con el estadístico de Ryan-Joiner (RJ = 0.991) y el valor p > 0.100, por ende, no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis alterna con un nivel de significancia de 0.05, los datos tienen una distribución normal

- **Prueba de homogeneidad de varianza**

Para contrastar la homogeneidad de varianzas entre los grupos de los datos, se aplicó la prueba de Levene.

- **Hipótesis de la prueba de homogeneidad de varianza**
  - **H_0:** las varianzas de los grupos son iguales, cuando p valor > 0.05
  - **H_1:** las varianzas de los grupos son diferentes de las demás, cuando p valor ≤ 0.05

Tabla 31: *Prueba de Levene para la solidez del color al frote de fibra con tipo fuertemente medulada*

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.268
Levene	1.28	0.264

En la tabla 31 se aplicó la estadística de Levene, con p valor = 0.264, resulto más que el nivel de significancia de 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula, es decir los datos presentan varianzas constantes, por ende, cumple con la homogeneidad de varianzas.

4.1.3 SUPUESTOS DE ANOVA PARA LA SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO POR TIPO DE MEDULACIÓN

a Medula fragmentada

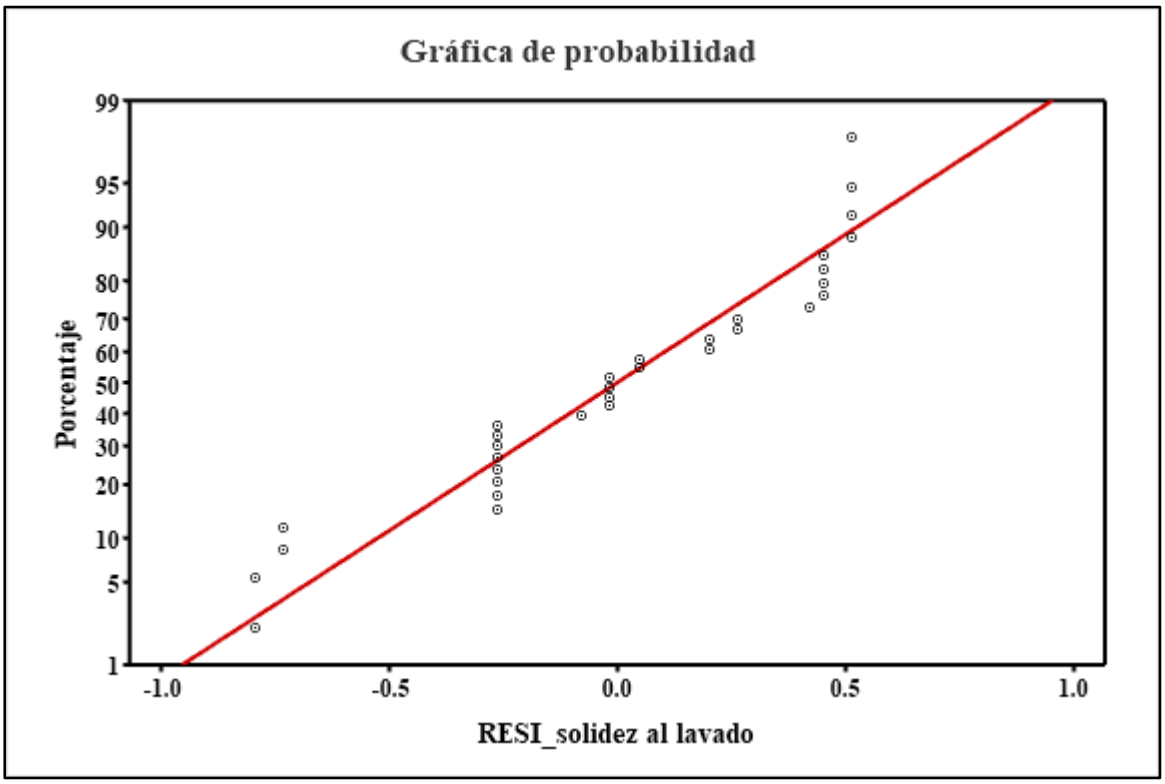
- **Prueba de normalidad**

Con la finalidad de obtener la normalidad de los datos registrados, para ello se aplicó la prueba de Ryan- Joiner que es congruente a la prueba de Shapiro Wilk, considerando las pruebas pequeñas menores a 50 muestras, con un nivel de significancia de 0.05

- **Hipótesis de normalidad**
  - **H_0:** los datos muestran una distribución normal, cuando el p valor es > 0.05
  - **H_1:** los datos no muestran una distribución normal, cuando el p valor es ≤ 0.05

Tabla 32: *Resultados para la solidez de color al lavado en fibra de fibra con tipo de medulación fragmentada (prueba de Ryan- Joiner)*

	Media	Desviación estandar	N	RJ	Valor p
Solidez al lavado	0	0.4100	32	0.980	>0.100



p=0.100, RJ=0.980

Figura 44: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación fragmentada (Anexo 23 residuos)*

En la tabla 32 y en la figura 44 se observa que los puntos se distribuyen de manera normal, aproximadamente lineal en la solidez al color al lavado en muestras con tipo de medulación fragmentada con el estadístico de Ryan-Joiner (RJ = 0.980) y el valor p > 0.100, no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis alterna con un nivel de significancia de 0.05, los regitros tienen y siguen una distribución normal.

- **Prueba de homogeneidad de varianza**

Para contrastar la homogeneidad de varianzas entre los grupos de los datos, se aplicó la prueba de Levene.

- **Hipótesis de la prueba de homogeneidad de varianza**
  - **H_0:** las varianzas de los grupos son iguales, cuando p valor > 0.05
  - **H_1:** las varianzas de los grupos son diferentes de las demás, cuando p valor ≤ 0.05

Tabla 33: *Prueba de Levene para la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación fragmentada*

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	1.000
Levene	0.05	1.000

En la tabla 33 se observa la prueba estadística de Levene, con un P valor = 1.000, es superior nivel de significancia de 0.05, entonces se admite la hipótesis nula, es decir los datos presentan varianzas constantes, por ende, cumple con la homogeneidad de varianzas**.**

b Medula discontinua

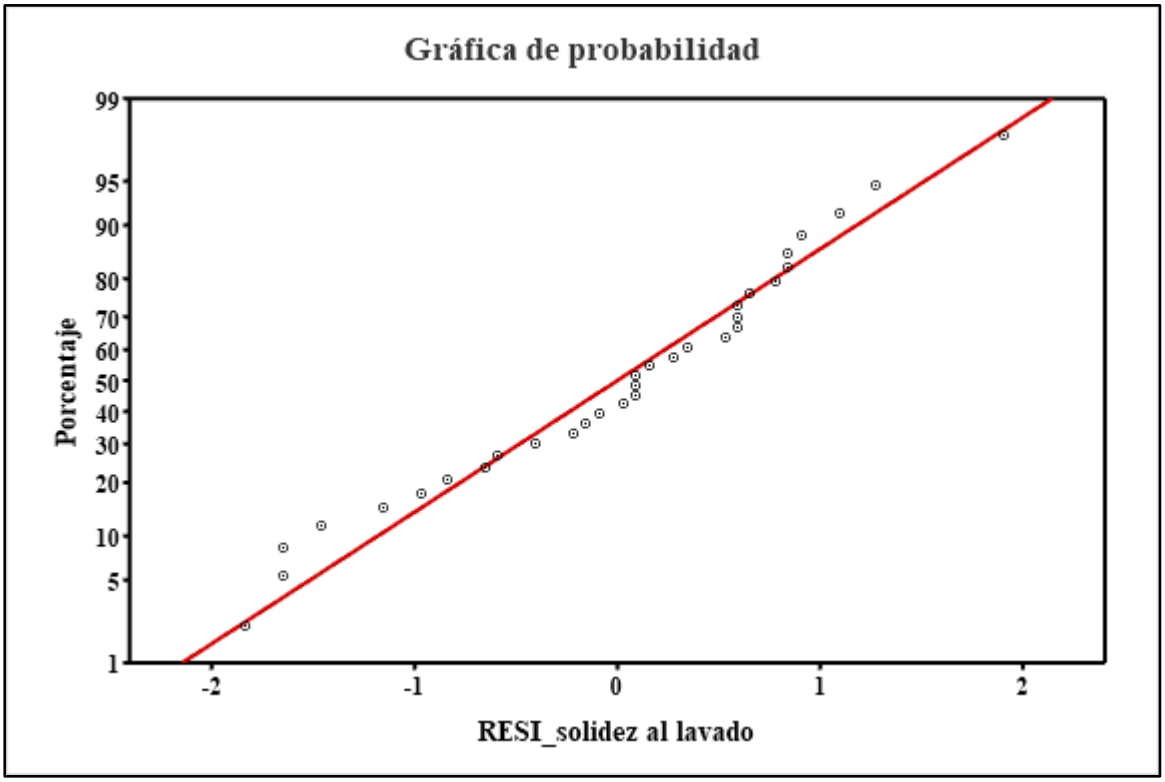
- **Prueba de normalidad**

  Con la finalidad de obtener la normalidad de los datos registrados, para ello se aplicó la prueba de Ryan- Joiner que es congruente a la prueba de Shapiro Wilk, considerando las pruebas pequeñas menores a 50 muestras, con un nivel de significancia de 0.05

- **Hipótesis de normalidad**
- **H_0:** los datos muestran una distribución normal, cuando el p valor es > 0.05
- **H_1:** los datos no muestran una distribución normal, cuando el p valor es ≤ 0.05

Tabla 34: *Resultados para la solidez de color al lavado en fibra con tipo de medulación discontinua (prueba de Ryan- Joiner)*

	Media	Desviación estandar	N	RJ	Valor p
Solidez al frote	0	0.9229	32	0.986	>0.100



p=0.100, RJ=0.986

Figura 45: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación discontinua (Anexo 23 residuos)*

En la tabla 34 y en la figura 45 presenta los puntos se distribuyen de manera normal, aproximadamente lineal en la solidez al color al lavado en muestras con tipo de medulación discontinua con el estadístico de Ryan-Joiner (RJ = 0.986) y el valor p > 0.100, no hay evidencia suficiente para admitir la hipótesis ya que, se tiene un nivel de significancia de 0.05, los datos tienen y siguen una distribución normal.

- **Prueba de homogeneidad de varianza**

  Para contrastar la homogeneidad de varianzas entre los grupos de los datos, se aplicó la prueba de Levene.

- **Hipótesis de la prueba de homogeneidad de varianza**
  - **H_0:** las varianzas de los grupos son iguales, cuando p valor > 0.05
  - **H_1:** las varianzas de los grupos son diferentes de las demás, cuando p valor ≤ 0.05

Tabla 35: *Prueba de Levene para la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación discontinua*

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.191
Levene	1.14	0.345

En la tabla 35 se observa la prueba estadística de Levene, con un P valor = 0.345, el nivel de significancia es mayor, por ende, se admite la hipótesis nula, es decir los datos presentan varianzas constantes, por ende, cumple con la homogeneidad de varianzas

c Medula continua

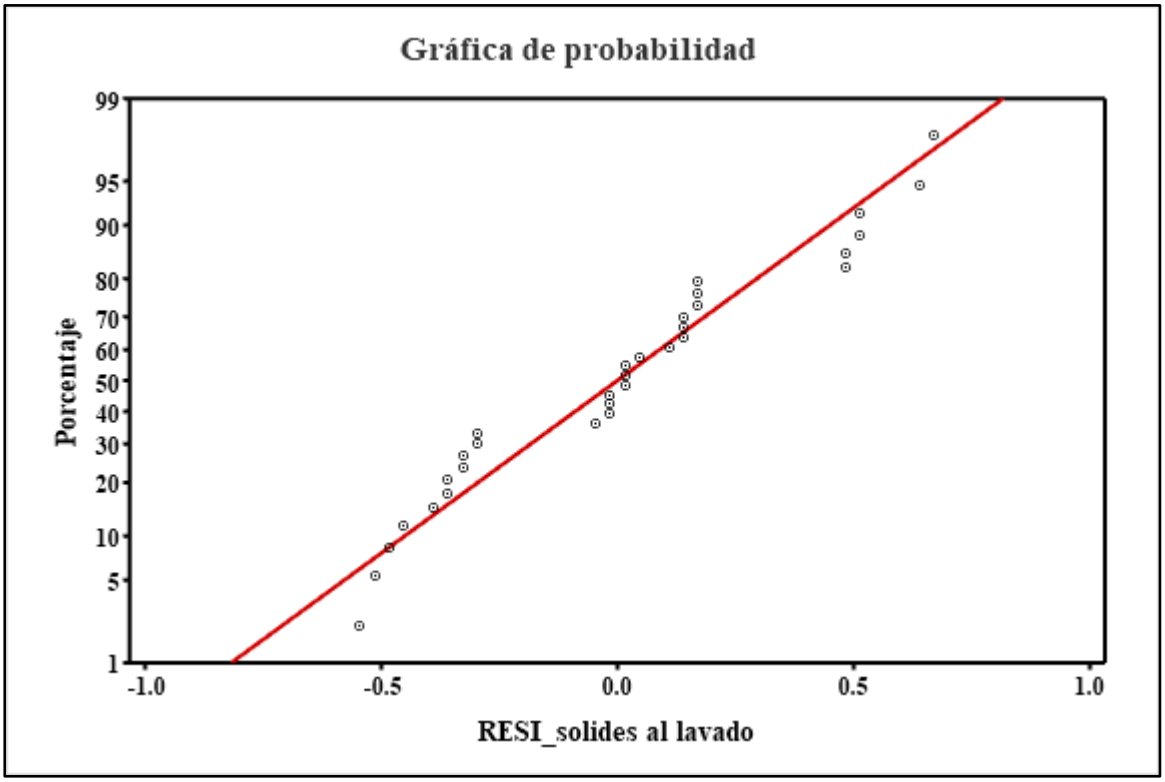
- **Prueba de normalidad**

  Con la finalidad de obtener la normalidad de los datos registrados, para ello se aplicó la prueba de Ryan- Joiner que es congruente a la prueba de Shapiro Wilk, considerando las pruebas pequeñas menores a 50 muestras, con un nivel de significancia de 0.05

- **Hipótesis de normalidad**
  - **H_0:** los datos muestran una distribución normal, cuando el p valor es > 0.05
  - **H_1:** los datos no muestran una distribución normal, cuando el p valor es ≤ 0.05

Tabla 36: *Resultados para la solidez de color al lavado en fibra con tipo de medulación continua (prueba de Ryan- Joiner*)

	Media	Desviación estandar	N	RJ	Valor p
Solidez al frote	1.318390E-16	0.3518	32	0.976	0.100



p=0.100, RJ=0.976

Figura 46*: Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación continua (Anexo 23 residuos*)

En la tabla 36 y en la figura 46 se observa que los puntos se distribuyen normal, aproximadamente lineal en la solidez al color al lavado en muestras con tipo de medulación continua con el estadístico de Ryan-Joiner (RJ = 0.965) y el valor p > 0.100, no existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis alterna con un nivel de significancia de 0.05, los datos tienen y siguen una distribución normal.

- **Prueba de homogeneidad de varianza**

  Para contrastar la homogeneidad de varianzas entre los grupos de los datos, se aplicó la prueba de Levene.

- **Hipótesis de la prueba de homogeneidad de varianza**
  - **H_0:** las varianzas de los grupos son iguales, cuando p valor > 0.05
  - **H_1:** las varianzas de los grupos son diferentes de las demás, cuando p valor ≤ 0.05

Tabla 37: *Prueba de Levene para la solidez del color al lavado en fibra con tipo de medulación continua*

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	1.000
Levene	0.02	1.000

En la tabla 37 se observa la prueba estadística de Levene, con p value = 1.000, sobre pasa el nivel de significancia de 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula, es decir los datos presentan varianzas constantes, por ende, cumple con la homogeneidad de varianzas**.**

d Fuertemente medulada

- **Prueba de normalidad**

  Con la finalidad de obtener la normalidad de los datos registrados, para ello se aplicó la prueba de Ryan- Joiner que es congruente a la prueba de Shapiro Wilk, considerando las pruebas pequeñas menores a 50 muestras, con un nivel de significancia de 0.05

- **Hipótesis de normalidad**
  - **H_0:** los datos muestran una distribución normal, cuando el p valor es > 0.05
  - **H_1:** los datos no muestran una distribución normal, cuando el p valor es ≤ 0.05

Tabla 38: *Resultados para la solidez de color al frote en fibra con tipo fuertemente medulada (prueba de Ryan- Joiner)*

	Media	Desviación estandar	N	RJ	Valor p
Solidez al frote	0	0.2560	32	0.994	>0.100

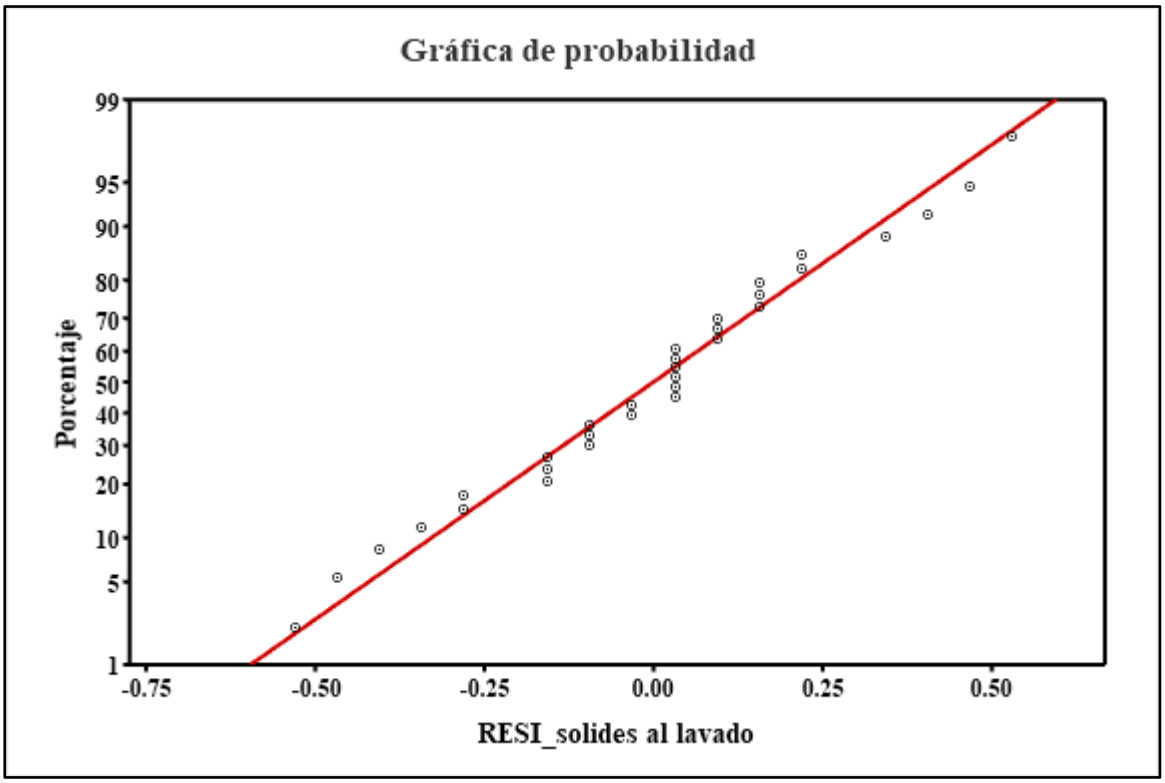


Figura 47: *Gráfica de probabilidad normal de la solidez del color al lavado en fibra con tipo fuertemente medulada (Anexo 23 residuos)*

En la tabla 38 y en la figura 47 se observa que los puntos se distribuyen de manera normal, aproximadamente lineal en la solidez al color al lavado en fibras con tipo de fuertemente medulada, aplicado con el estadístico de Ryan-Joiner (RJ = 0.994) y el valor p > 0.100, por tanto, se acepta la hipótesis nula con un nivel de significancia de 0.05, puesto que los datos tienen y siguen una distribución normal

- **Prueba de homogeneidad de varianza**

Para contrastar la homogeneidad de varianzas entre los grupos de los datos, se aplicó la prueba de Levene.

- **Hipótesis de la prueba de homogeneidad de varianza**
  - **H_0:** las varianzas de los grupos son iguales, cuando p valor > 0.05
  - **H_1:** las varianzas de los grupos son diferentes de las demás, cuando p valor ≤ 0.05

Tabla 39: *Prueba de Levene para la solidez del color al lavado en fibra con tipo fuertemente medulada*

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.630
Levene	0.84	0.556

En la tabla 39 se observa la prueba estadística de Levene, con un P valor = 0.556, el nivel de significancia sobre pasa al 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula, es decir los datos presentan varianzas constantes, por ende, cumple con la homogeneidad de varianzas**.**

4.2 RESULTADOS POR OBJETIVOS

4.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos del porcentaje de medulación en la solidez al color de fibra de alpaca Huacaya, del Distrito de Macusani – 2024.

- **Resultados descriptivos**

Tabla 40: *Resultados descriptivos de la solidez de color de la fibra de alpaca*

N°	Combinación de tratamiento	Factores (parámetros de teñido)				Solidez al color	
		Concentración de colorante (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Replica I	Replica II
1	*(1)*	4	1,8	80.00	120	1.7	1.8
2	*a*	6	1,8	80.00	120	2.4	2.7
3	*b*	4	2.8	80.00	120	2.4	2.5
4	*ab*	6	2.8	80.00	120	3.3	3.3
5	*c*	4	1,8	90.00	120	2.5	2.9
6	*ac*	6	1,8	90.00	120	3.1	3.0
7	*bc*	4	2.8	90.00	120	3.1	3.4
8	*abc*	6	2.8	90.00	120	3.0	3.6
9	*d*	4	1,8	80.00	160	2.9	3.2
10	*ad*	6	1,8	80.00	160	2.9	3.1
11	*bd*	4	2.8	80.00	160	3.5	3.3
12	*abd*	6	2.8	80.00	160	3.5	3.6
13	*cd*	4	1,8	90.00	160	3.1	2.8
14	*acd*	6	1,8	90.00	160	3.0	2.7
15	*bcd*	4	2.8	90.00	160	3.1	2.9
16	*abcd*	6	2.8	90.00	160	2.9	3.6

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 40 los resultados registrados de solidez de color en muestras de fibra de alpaca huacaya con porcentaje de medulación, se evaluaron 16 unidades experimentales con dos replicas, considerando concentración de colorante (4 y 6%), concentración de mordiente (1.8 y 2.8 g/L), temperatura (80 y 90 °C) y tiempo (120 y 160 min), siendo, parámetros de teñido, por tanto, se obtuvieron resientecia al frote evaluadas en la escala de grises de cambio o transferencia de color de acuerdo a la NTP 231:042:2009 en fibras con porcentaje de medulación presenta regular a buena solides por ende, la resistencia de color se considera regular sometidas a la evaluación de calidad de teñido.

- **Contrastación de hipótesis**

El porcentaje de medulación tiene efectos significantes en la resitencia de color en la fibra de alpaca Huacaya, Distrito de Macusani -2024

- **Planteamiento de las hipótesis**
  - **H_1**: El porcentaje de medulación tiene efectos significantes en la solidez de color en la fibra de alpaca Huacaya, Distrito de Macusani -2024
  - **H_0**: El porcentaje de medulación no tiene efectos significantes en la solidez de color en la fibra de alpaca Huacaya, Distrito de Macusani -2024

Tabla 41: *Análisis de varianza de la solidez de color en fibras con porcentaje de medulación*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	15	5.89734	0.39316	7.76	0.000
Lineal	4	3.48682	0.87170	17.21	0.000
A: Concentración de colorante	1	0.65051	0.65051	12.84	0.002
B: Concentración de mordiente	1	1.72864	1.72864	34.12	0.000
C: Temperatura	1	0.22571	0.22571	4.46	0.051
D: Tiempo	1	0.88196	0.88196	17.41	0.001
Interacciones de 2 términos	6	2.06421	0.34403	6.79	0.001
A*B	1	0.02063	0.02063	0.41	0.532
A*C	1	0.14954	0.14954	2.95	0.105
A*D	1	0.34290	0.34290	6.77	0.019
B*C	1	0.16711	0.16711	3.30	0.088
B*D	1	0.08899	0.08899	1.76	0.204
C*D	1	1.29504	1.29504	25.56	0.000
Interacciones de 3 términos	4	0.31885	0.07971	1.57	0.229
A*B*C	1	0.00110	0.00110	0.02	0.885
A*B*D	1	0.08899	0.08899	1.76	0.204
A*C*D	1	0.22571	0.22571	4.46	0.051
B*C*D	1	0.00305	0.00305	0.06	0.809
Interacciones de 4 términos	1	0.02747	0.02747	0.54	0.472
A*B*C*D	1	0.02747	0.02747	0.54	0.472
Error	16	0.81055	0.05066		
Total	31	6.70789			

R^2 = 87.92% ; R^2 ajust = 76.59%	Nivel de significancia 5%

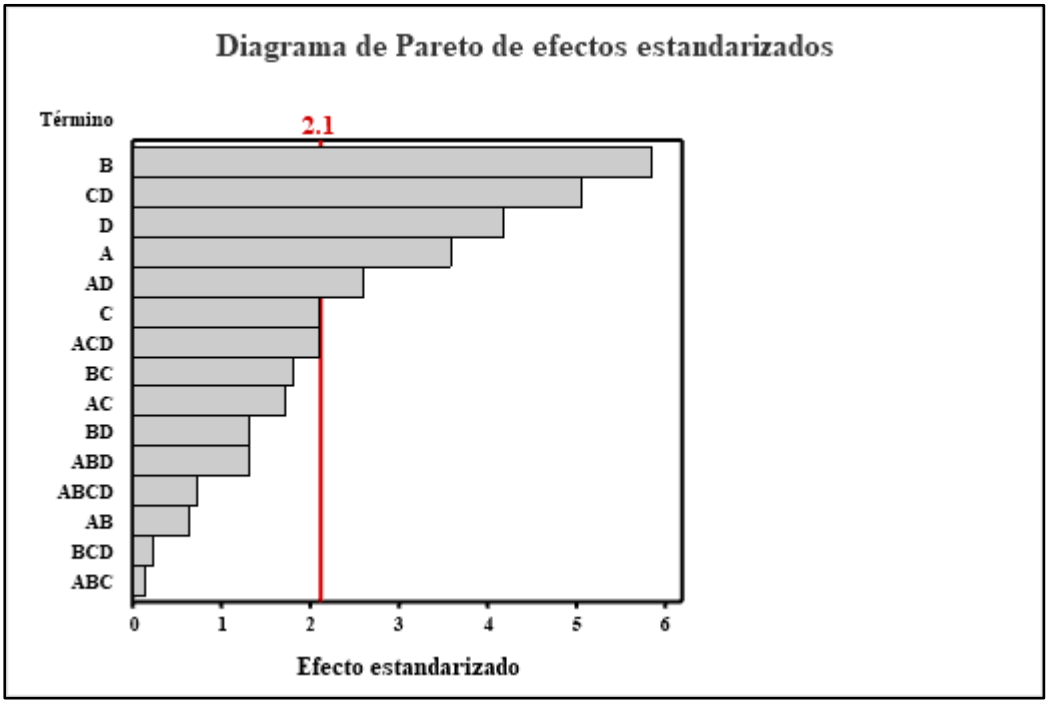


Figura 48: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color en fibras con porcentaje de medulación*

En la tabla 40 y figura 48 se puede observar que los parámetros de teñido concentración de colorante(A), concentración de mordiente(B) y tiempo(D) presentan efectos altamente significativos con valor P = 0.000 en la solidez del color, en muestras de fibras con porcentaje de medulación. Esto sugiere que el proceso de fijación del colorante para obtener buena solidez del color depende principalmente de los factores concentración de colorante, concentración de mordiente y tiempo, variables que facilitan la difusión y fijación de colorante sobre la fibra de alpaca con presencia de porcentaje de medulación.

En cuanto a las interacciones de dos factores se encontraron efectos significativos en la interacción de temperatura vs tiempo (CD) y concentración de colorante vs. tiempo (AD) que resultaron un valor P < 0.05 de significancia. Por otra parte, se muestra el R^2 = 87.92 % y R^2ajus = 76.59 %, lo que indica es que los datos se ajustan bien al modelo lineal y existe una variación en los datos con respecto a la resistencia del color en la fibra teñida con presencia de medulación.

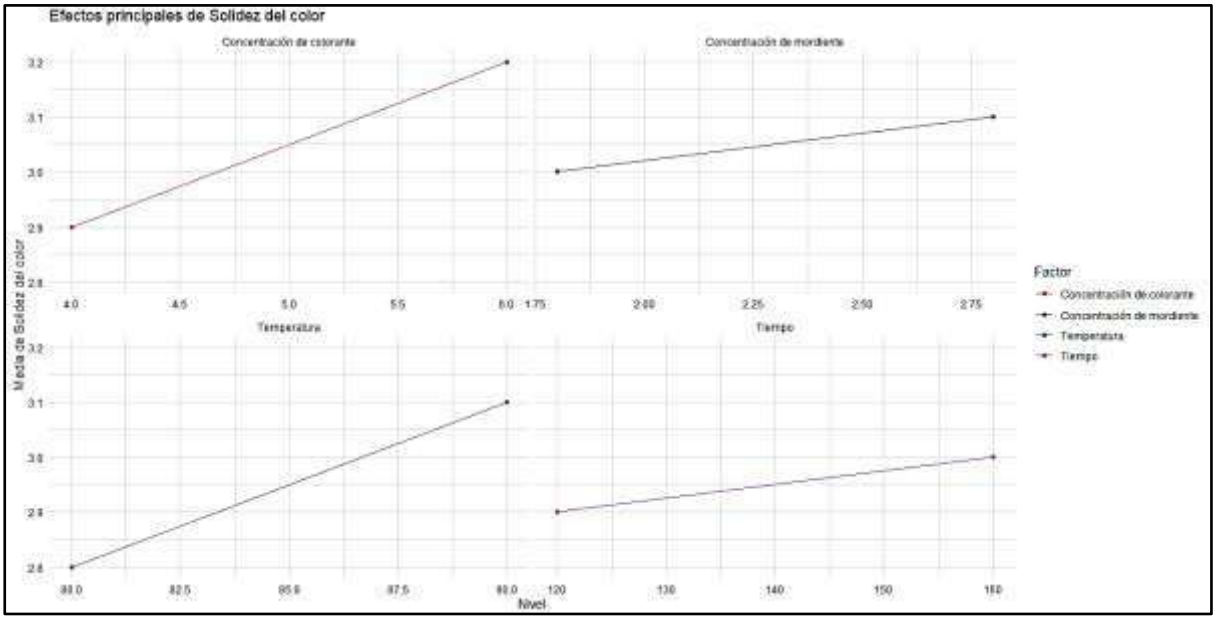


Figura 49: *Grafica de efectos principales de la solidez de color en fibras con porcentaje de medulación*

En la figura 49 muestran la influencia de los parámetros de teñidos, concentración de colorante en niveles de 4 y 6 % se observa que, a mayor concentración del tinte la solidez de color mejora, evidenciado por la pendiente positiva de la línea por tanto, este factor tiene influencia en la solidez de color en fibras con porcentaje de medulación; también, la concentración de mordiente en 1.8 y 2.8 g/L, es uno de los parámetros que muestra mayor efectos cuando se incrementa la concentración de mordiente se obtiene mejor solidez al frote; y los factores temperatura y tiempo mejora la solidez al frote; es decir a temperatura elevadas y tiempos prologados se obtienen mejor absorción del colorante en fibras con porcentaje de medulación sometidas a pruebas de resitencia al color.

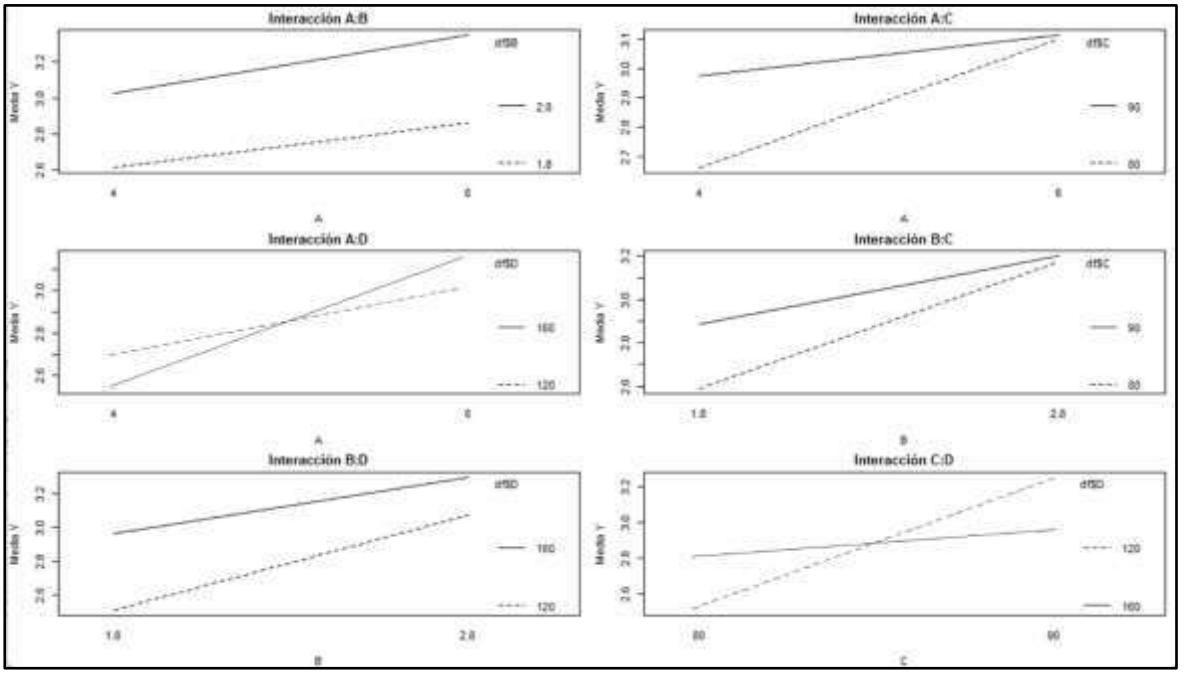


Figura 50: *Grafica de las interacciones para la solidez de color en fibras con porcentaje de medulación*

En la figura 50 la resistencia del color en fibras teñidas con porcentaje de medulación el aumento, de la concentración del colorante(A), concentración de mordiente(B), temperatura(C) y tiempo(D) tiende a mejorar la solidez al frote. Asi mismo donde las líneas se cruzan con una temperatura de 80°C y 120 min mejora la solidez de color, y a 90°C y 160min tiende a disminuir la solidez del color Esto refleja que no solo hay que considerar en el proceso de teñido los efectos principales y las combinaciones de los factores, sino que también se debe considerar el porcentaje de medulación de la fibra antes del proceso de teñido para tener una excelente solidez de color al frote

4.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Determinar los efectos del tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset en la resistencia de color al frote en fibra de alpaca Huacaya

a Medula fragmentada

- **Resultados descriptivos**

Tabla 42: *Resultados descriptivos de la solidez de color al frote de fibra de alpaca con tipo de medulación fragmentada*

N°	Combinación de tratamiento	Factores (parámetros de teñido)				M. Fragmentada Solidez al frote	
		Concentración de colorante (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Replica I	Replica II
1	*(1)*	4	1,8	80.00	120	2.5	2.5
2	*a*	6	1,8	80.00	120	3.5	3.5
3	*b*	4	2.8	80.00	120	4	4
4	*ab*	6	2.8	80.00	120	5	5
5	*c*	4	1,8	90.00	120	3.5	3.5
6	*ac*	6	1,8	90.00	120	4.5	4.5
7	*bc*	4	2.8	90.00	120	5	5
8	*abc*	6	2.8	90.00	120	5	5
9	*d*	4	1,8	80.00	160	4	4
10	*ad*	6	1,8	80.00	160	5	4.5
11	*bd*	4	2.8	80.00	160	5	5
12	*abd*	6	2.8	80.00	160	5	5
13	*cd*	4	1,8	90.00	160	5	4.5
14	*acd*	6	1,8	90.00	160	5	5
15	*bcd*	4	2.8	90.00	160	5	5
16	*abcd*	6	2.8	90.00	160	5	5

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 41 presenta la prueba de resistencia de color al frote en muestras de fibra de alpaca huacaya con presencia del tipo de medulación fragmentada, se evaluaron 16 unidades experimentales con dos replicas, considerando concentración de colorante (4 y 6%), concentración de mordiente (1.8 y 2.8 g/L), temperatura (80 y 90 °C) y tiempo (120 y 160 min), considerándose parámetros de teñido, por tanto, se registraron las resistencias de color al frote evaluadas la transferencia de color de acuerdo a la NTP 231:042:2009 en fibras con tipo de medulación fragmentada presenta excelente a buena solidez de grado (5 - 4.5), por ende, la resistencia de color es buena sometidas al proceso de fricción, las muestras del tipo de

medulación fragmentada presentan buena absorción del colorante, ya que este tipo de medulación tiene pequeños espacios de aire.

- **Contrastación de hipótesis**

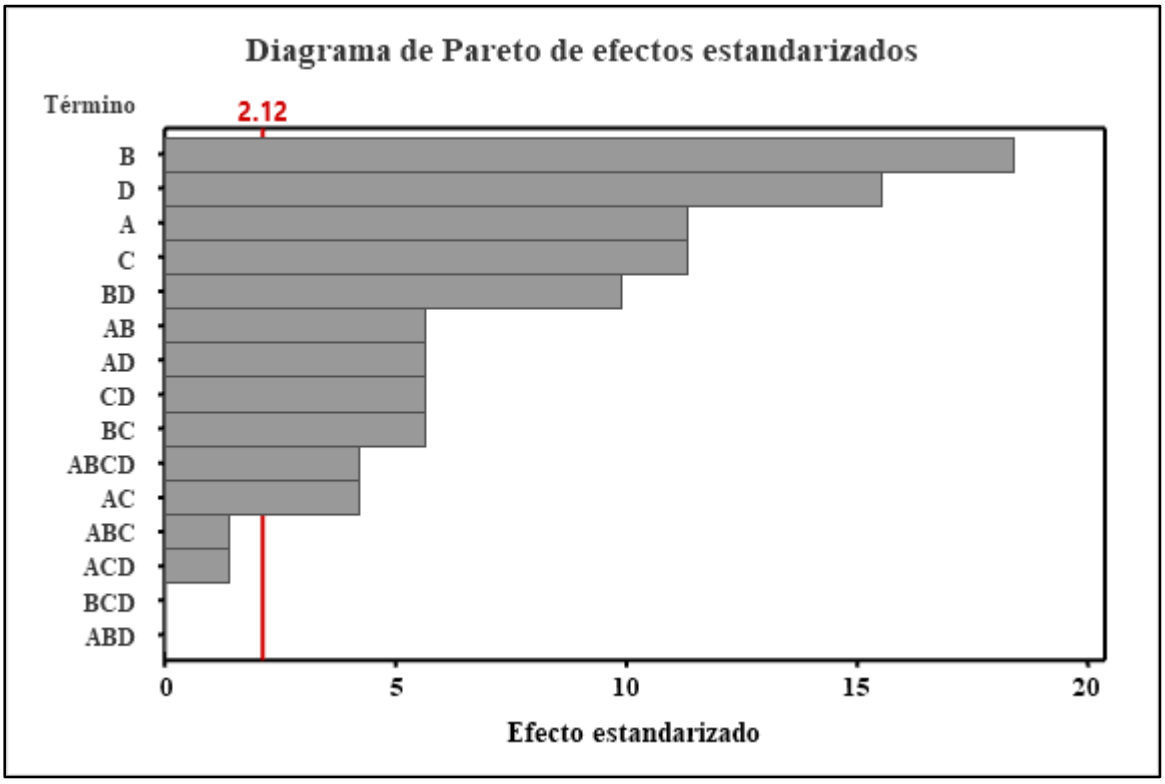
El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset tiene efectos significativos en la solidez de color al frote en fibra de alpaca Huacaya.

- **Planteamiento de las hipótesis**
  - **H_1**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset tiene influencia relevante en la solidez de color al frote en la fibra de alpaca Huacaya.
  - **H_0**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset no tiene influencia relevante en la solidez de color al frote en la fibra de alpaca Huacaya.

Tabla 43: *Análisis de varianza de la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación fragmentada*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	15	17.2187	1.14792	73.47	0.000
Lineal	4	13.0625	3.26563	209.00	0.000
Concentración de colorante(A)	1	2.0000	2.00000	128.00	0.000
Concentración de mordiente(B)	1	5.2813	5.28125	338.00	0.000
Temperatura(C)	1	2.0000	2.00000	128.00	0.000
Tiempo(D)	1	3.7813	3.78125	242.00	0.000
2 términos de interacciones	6	3.8125	0.63542	40.67	0.000
A x B	1	0.5000	0.50000	32.00	0.000
A x C	1	0.2812	0.28125	18.00	0.001
A x D	1	0.5000	0.50000	32.00	0.000
B x C	1	0.5000	0.50000	32.00	0.000
B x D	1	1.5312	1.53125	98.00	0.000
C x D	1	0.5000	0.50000	32.00	0.000
3 términos de interacciones	4	0.0625	0.01563	1.00	0.436
A x B x C	1	0.0313	0.03125	2.00	0.176
A x B x D	1	0.0000	0.00000	0.00	1.000
A x C x D	1	0.0312	0.03125	2.00	0.176
B x C xD	1	0.0000	0.00000	0.00	1.000

4 términos de interacciones	1	0.2813	0.28125	18.00	0.001
A x B x C x D	1	0.2813	0.28125	18.00	0.001
Error	16	0.2500	0.01563		
Total	31	17.4687			
R^2 = 98.57% ; R^2 ajust = 97.23%		Nivel de significancia 5%			



A (concentración de colorante), B (concentración de mordiente), C (temperatura), D (Tiempo)

Figura 51: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación fragmentada*

En la tabla 42 y figura 51 se puede observar los parametros concentración de mordiente(B), tiempo(D), concentración de colorante(A) y temperatura(C) presentan efectos altamente significativos con valor P = 0.000 en la solidez al frote, en muestras de fibras con tipo de medulación fragmentada. Esto sugiere que el proceso de fijación del colorante lanaset para obtener buena solidez del color depende principalmente de los factores de teñido son concentración de colorante, concentración de mordiente, temperatura y tiempo las variables que facilitan la difusión y fijación de colorante sobre la fibra de alpaca con presencia del tipo de medulación fragmentada.

En cuanto a las interacciones de dos factores se encontraron efectos significativos en la interacción de concentración de mordiente vs. tiempo (BD), concentración de colorante vs

concentración de mordiente(AB), concentración de colorante vs tiempo(AD), temperatura vs. tiempo (CD) y concentración de mordiente vs temperatura(BC) que resultaron un valor P < 0.000 de significancia, así mismo la interacción concentración de colorante vs temperatura(AC), y la interacción de cuatro factores ABCD resulto con un valor P < 0.001 de significancia con un valor de p inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir los parámetros de estudio tienen efectos significativos en el teñido de la fibra de alpaca huacaya con presencia de medulación fragmentada. Por otra parte, se muestra el R^2 = 98.57% y R^2ajus = 97.23%, lo que indica es que los datos se ajustan bien al modelo lineal y que existe una variabilidad en los datos de resistencia del color en las muestras de fibra de alpaca huacaya teñida con colorante lanaset con presencia de medulación, procedentes del distrito de Macusani.

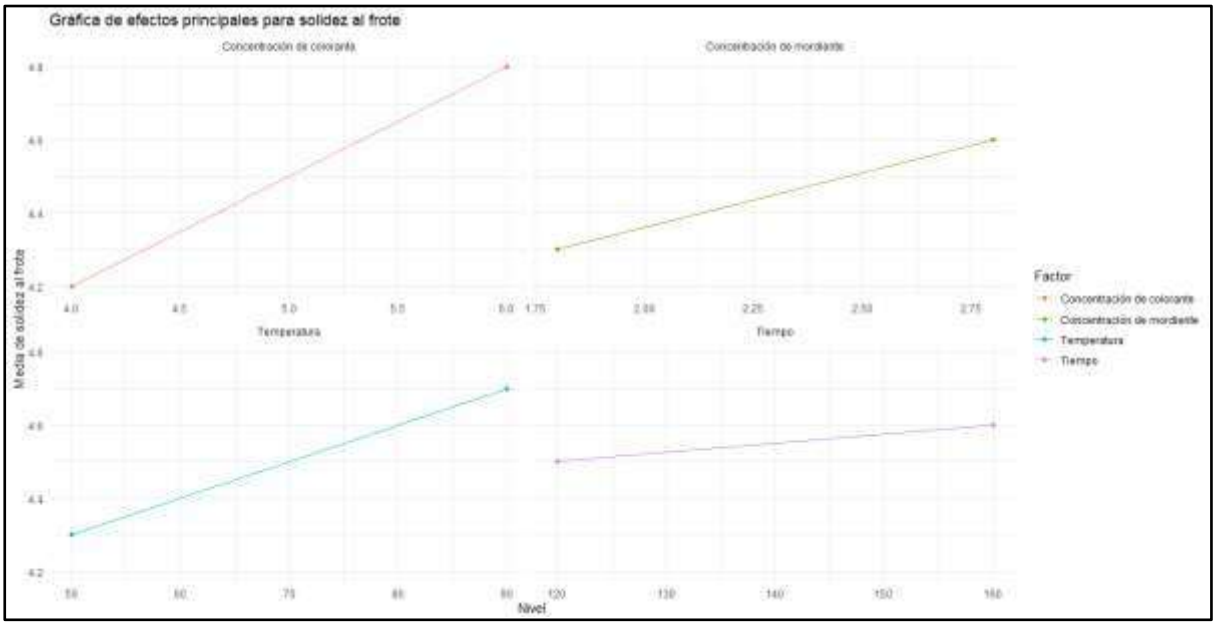


Figura 52: *Grafica de efectos principales de la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación fragmentada*

En la figura 52 la influencia de los parámetros de teñidos, la concentración de colorante en niveles de 4 y 6 % se observa que, a mayor concentración de colorante la solidez al frote mejora de notablemente, evidenciado por la pendiente positiva de la línea por tanto, este factor tiene influencia favorable para la resistencia de color al frote; también, la concentración de mordiente en 1.8 y 2.8 g/L, es uno de los parámetros que muestra mayor efectos cuando se incrementa la concentración de mordiente se obtiene mejor solidez al frote; y los factores temperatura y tiempo mejora la solidez al frote; es decir a temperatura elevadas y tiempos prologados se obtienen mejor absorción del colorante para la evaluación de la solidez al color

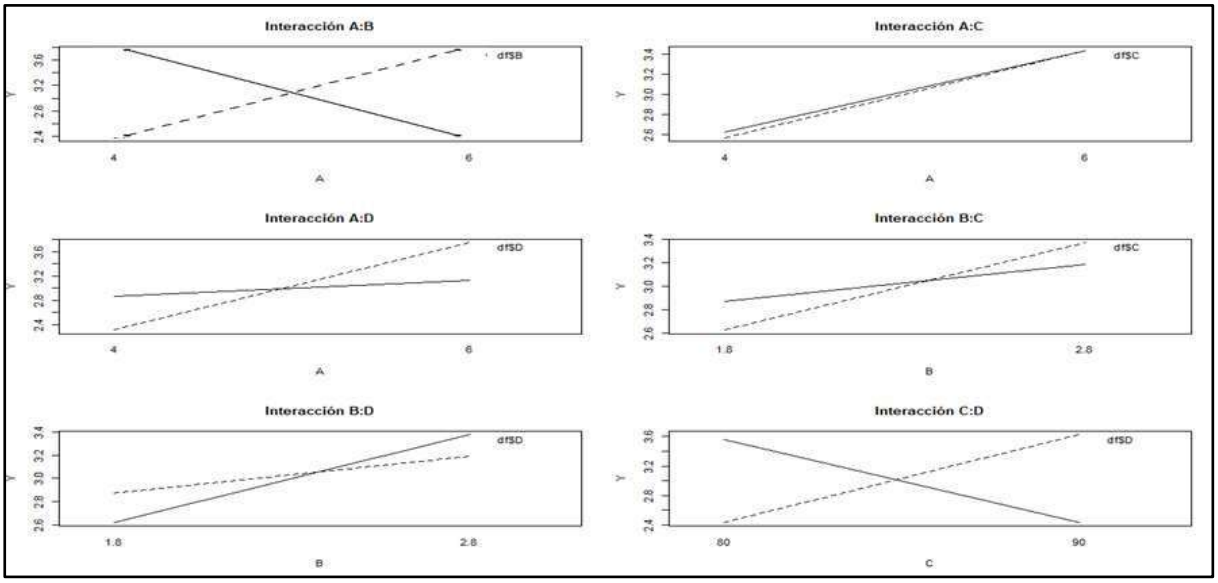


Figura 53: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación fragmentada*

En la figura 53 se observa que la resistencia del color al frote en el teñido de alpaca de tipo de medulación fragmentada el aumento, de la concentración del colorante(A), concentración de mordiente(B), temperatura(C) y tiempo(D) tiende a mejorar la solidez al frote. En los factores de teñido A*B lo que indica que la concentración de colorante depende de concentración de mordiente, ya que el efecto de A cambia cuando se aumenta el factor B, sin embargo, A*C, A*D, B*C, B*D y C*D presentan interacción es decir cada factor depende del otro, siendo significantes para la solidez de color al frote. Esto refleja que no solo hay que considerar en el proceso de teñido los efectos principales y las combinaciones de los factores, sino que también se debe considerar la medulación de la fibra antes del proceso de teñido para tener una buena solidez del color al frote

b Medula discontinua

- **Resultados descriptivos**

Tabla 44: *Resultados descriptivos de la solidez de color al frote de fibra de alpaca con tipo de medulación discontinua*

N°	Combinación de tratamiento	Factores (parámetros de teñido)				M. Discontinua Solidez al frote	
		Concentración de colorante (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Replica I	Replica II
1	*(1)*	4	1,8	80.00	120	1.5	1
2	*a*	6	1,8	80.00	120	3	2.5
3	*b*	4	2.8	80.00	120	2.5	1
4	*ab*	6	2.8	80.00	120	4.5	3.5
5	*c*	4	1,8	90.00	120	3	3
6	*ac*	6	1,8	90.00	120	4.5	4.5
7	*bc*	4	2.8	90.00	120	3	3.5
8	*abc*	6	2.8	90.00	120	3	4.5
9	*d*	4	1,8	80.00	160	3.5	3
10	*ad*	6	1,8	80.00	160	3	3.5
11	*bd*	4	2.8	80.00	160	4.5	3.5
12	*abd*	6	2.8	80.00	160	4	3.5
13	*cd*	4	1,8	90.00	160	2.5	1.5
14	*acd*	6	1,8	90.00	160	2.5	1.5
15	*bcd*	4	2.8	90.00	160	2.5	2
16	*abcd*	6	2.8	90.00	160	3	4

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 43 muestra los registros de la prueba de resistencia de color al frote en muestras de fibra de alpaca huacaya con presencia del tipo de medulación discontinua, se evaluaron 16 unidades experimentales con dos replicas, considerando concentración de colorante (4 y 6%), concentración de mordiente (1.8 y 2.8 g/L), temperatura (80 y 90 °C) y tiempo (120 y 160 min), considerando parámetros de teñido, por tanto, se obtuvieron resistencia al frote evaluadas en la escala de grises de cambio de acuerdo a la NTP 231:042:2009 en fibras con tipo de medulación discontinua, presenta “mala a regular solidez” (2.5 - 3.5), por ende, estas muestras no poseen buena resistencia de color sometidas al proceso de fricción, las muestras del tipo de medulación

discontinua no tienen buena absorción del colorante, ya que la estructura interna posee huecos de aire multiseriado, lo que genera baja absorción del colorante.

- **Contrastación de hipótesis**

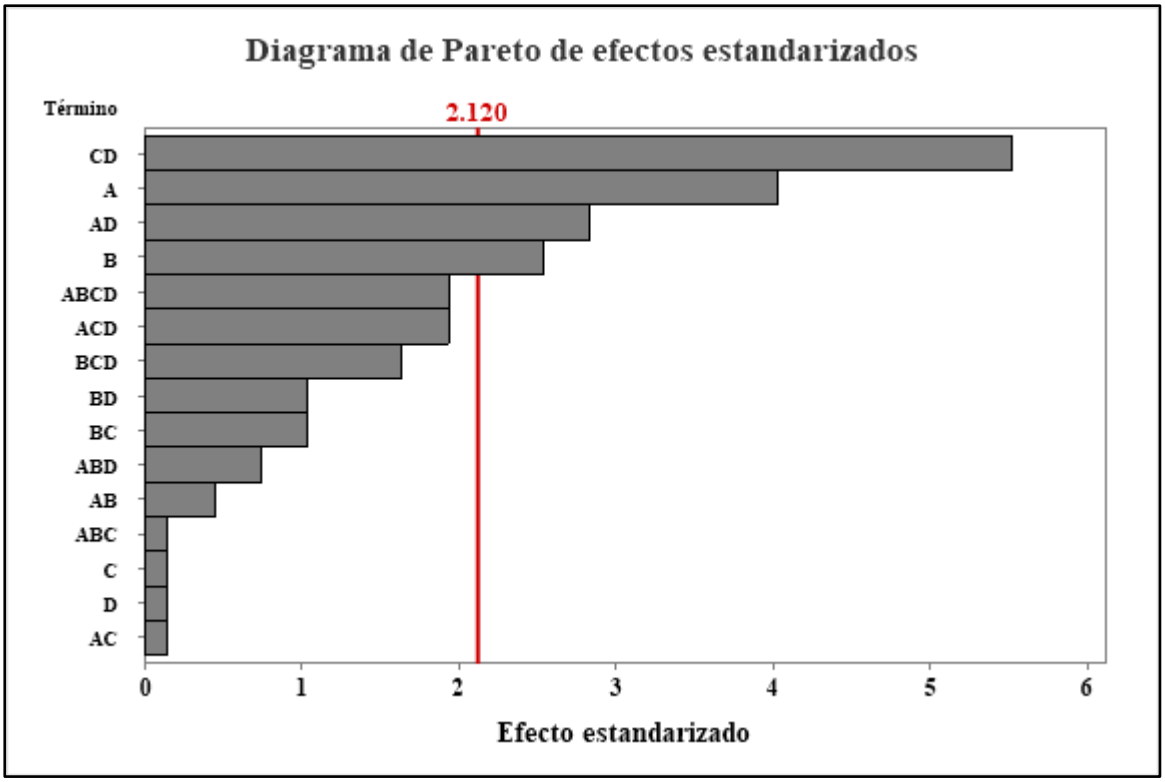
  El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset presenta influencia relevante en la solidez de color al frote en fibra de alpaca Huacaya.

- **Planteamiento de las hipótesis**
  - **H_1**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset presenta influencia relevante en la solidez de color al forte en la fibra de alpaca Huacaya.
  - **H_0**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset no presenta influencia relevante en la solidez de color al frote en la fibra de alpaca Huacaya.

Tabla 45: *Análisis de varianza de la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación discontinua*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	15	26.1172	1.7411	4.95	0.001
Lineal	4	7.9687	1.9922	5.67	0.005
Concentración de colorante(A)	1	5.6953	5.6953	16.20	0.001
Concentración de mordiente(B)	1	2.2578	2.2578	6.42	0.022
Temperatura(C)	1	0.0078	0.0078	0.02	0.883
Tiempo(D)	1	0.0078	0.0078	0.02	0.883
2 términos de interacciones	6	14.3594	2.3932	6.81	0.001
A x B	1	0.0703	0.0703	0.20	0.661
A x C	1	0.0078	0.0078	0.02	0.883
A x D	1	2.8203	2.8203	8.02	0.012
B x C	1	0.3828	0.3828	1.09	0.312
B x D	1	0.3828	0.3828	1.09	0.312
C x D	1	10.6953	10.6953	30.42	0.000
3 términos de interacciones	4	2.4687	0.6172	1.76	0.187
A x B x C	1	0.0078	0.0078	0.02	0.883
A x B x D	1	0.1953	0.1953	0.56	0.467
A x C x D	1	1.3203	1.3203	3.76	0.070

B x C x D	1	0.9453	0.9453	2.69	0.121
4 términos de interacciones	1	1.3203	1.3203	3.76	0.070
A x B x C x D	1	1.3203	1.3203	3.76	0.070
Error	16	5.6250	0.3516		
Total	31	31.7422			
R^2 = 82.28% ; R^2 ajust = 65.67%		Nivel de significancia 5%			



A (concentración de colorante), B (concentración de mordiente), C (temperatura), D (Tiempo)

Figura 54: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación discontinua*

En la tabla 44 y figura 54 se puede observar que los factores concentración de colorante(A) presentan efectos altamente significativos con valor P = 0.001 y concentración de mordiente(B),) influye significativamente con valor P = 0.022 en la resistencia del color al frote, en fibras con tipo de medulación discontinua. Esto sugiere que el proceso de fijación del colorante lanaset para obtener buena solidez del color depende principalmente de los factores de teñido son concentración de colorante y concentración de mordiente, son las variables que facilitan la difusión y fijación de colorante sobre la fibra de alpaca con presencia del tipo de medulación discontinua.

En cuanto a las interacciones de dos factores se encontraron efectos significativos en la interacción de temperatura vs tiempo (CD) que resulto con un valor P < 0.000 de significancia, y concentración de colorante vs tiempo (AD), que resultaron un valor P < 0.012 de significancia, es los efectos son relevantes en el teñido de la fibra de alpaca huacaya con medulación discontinua. Por otra parte, se muestra el R^2 = 82.28% y R^2ajus = 65.67%, lo que indica es que los datos se ajustan bien al modelo lineal y que existe una variabilidad en los datos en la resistencia del color en las muestras de fibra de alpaca huacaya teñida con colorante lanaset con presencia de medulación discontinua, procedentes del distrito de Macusani.

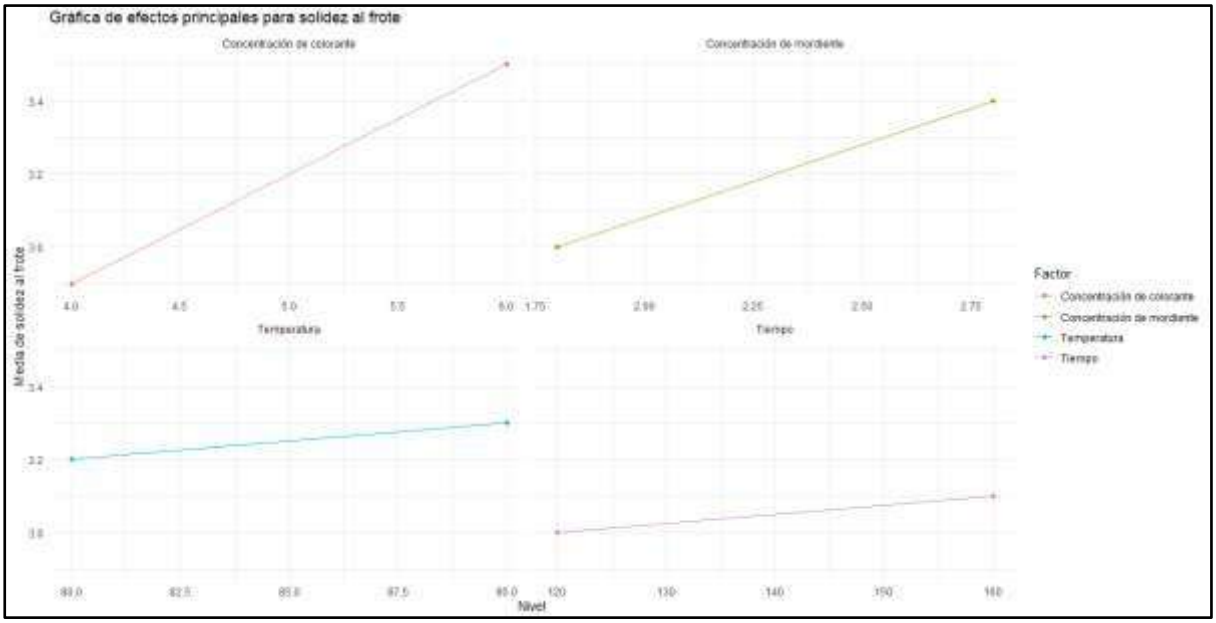


Figura 55: *Grafica de efectos principales de la solidez al frote en fibras con tipo de medulación discontinua*

La figura 55 presenta los efectos de los parámetros de teñidos, la concentración de colorante es el factor con mayor efecto en la solidez al frote ya que al aumentar la concentración de 4 al 6% mejora notablemente la solidez al frote, evidenciado por la pendiente positiva de la línea también, la concentración de mordiente es uno de los parámetros que muestra efectos positivos cuando se incrementa la concentración de mordiente de 1.8 a 2.8 g/L se obtiene mejor solidez al frote; sin embrago los factores temperatura y tiempo no hay variaciones relevantes en la resitencia al frote.

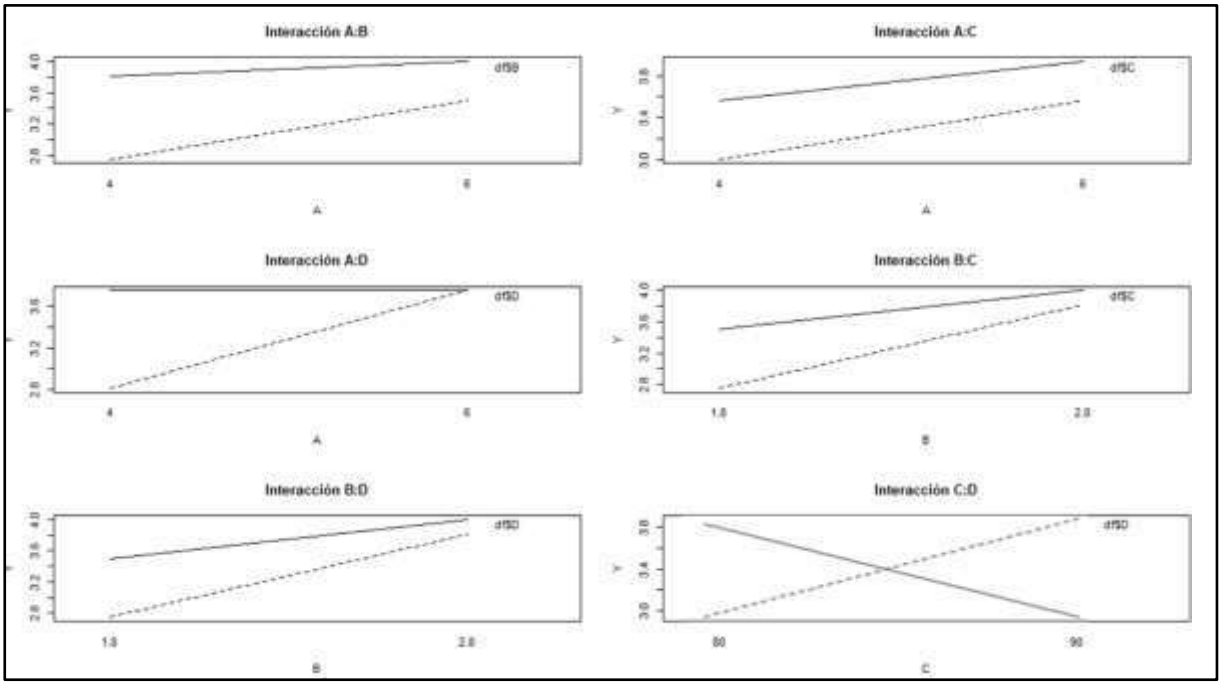


Figura 56: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación discontinua*

La figura 56 muestra la resistencia del color al frote en el teñido de alpaca de tipo de medulación discontinua no solo depende de cada factor, también de la interacción entre cada factor de la forma como se combinan. La interacción más marcada es entre temperatura vs. tiempo (CD), donde las líneas se cruzan lo que indica es que a 80 °C y a tiempo prologando aumenta la solidez del color al frote, sin embargo, a una temperatura alta (90°C) ocurre lo contrario el incremento del tiempo reduce la solidez del color, así misma concentración de colorante vs. tiempo (AD), las líneas presentan ligera interacción, a mayor concentración de colorante de 6% en tiempo de 160 min aumenta la resistencia de color. Por otro lado, el aumento del mordiente, la temperatura y el tiempo tiende a mejorar la solidez, aunque el efecto varía según la concentración del colorante. Esto refleja que no solo hay que considerar en el proceso de teñido los efectos principales y las combinaciones de los factores, sino que también se debe considerar la medulación de la fibra antes del proceso de teñido para tener una buna solidez del color al frote

c Medula continua

- **Resultados descriptivos**

Tabla 46: *Resultados descriptivos de la solidez de color al frote de fibra de alpaca con tipo de medulación continua*

N°	combinación de tratamiento	Factores (parámetros de teñido)				M. Continua Solidez al frote	
		Concentración de colorante (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Replica I	Replica II
1	*(1)*	4	1,8	80.00	120	2	1.5
2	*a*	6	1,8	80.00	120	1.5	2
3	*b*	4	2.8	80.00	120	2.5	2
4	*ab*	6	2.8	80.00	120	2.5	2
5	*c*	4	1,8	90.00	120	2	2
6	*ac*	6	1,8	90.00	120	2	2
7	*bc*	4	2.8	90.00	120	3.5	3.5
8	*abc*	6	2.8	90.00	120	3.5	4
9	*d*	4	1,8	80.00	160	2	2
10	*ad*	6	1,8	80.00	160	1.5	2
11	*bd*	4	2.8	80.00	160	2.5	3
12	*abd*	6	2.8	80.00	160	2	2.5
13	*cd*	4	1,8	90.00	160	2	3
14	*acd*	6	1,8	90.00	160	2.5	2.5
15	*bcd*	4	2.8	90.00	160	3.5	4
16	*abcd*	6	2.8	90.00	160	3.5	4

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 45 se muestra los registros de la prueba de solidez de color al frote de fibra de alpaca huacaya con tipo de medulación discontinua, se evaluaron 16 unidades experimentales con dos replicas, considerando concentración de colorante (4 y 6%), concentración de mordiente (1.8 y 2.8 g/L), temperatura (80 y 90 °C) y tiempo (120 y 160 min), considerando parámetros de teñido, por tanto, se obtuvieron resistencia al frote evaluadas en la escala de grises de cambio de acuerdo a la NTP 231:042:2009 en fibras con tipo de medulación discontinua, presenta regular a mala solidez (2 - 3.5), por ende, no poseen buena resistencia de color sometidas al proceso de fricción, las muestras del tipo de medulación continua no tienen buena absorción

del colorante, ya que la estructura interna posee huecos de aire en más de la mitad de la corteza de la fibra, por lo que genera baja absorción del colorante.

- **Contrastación de hipótesis**

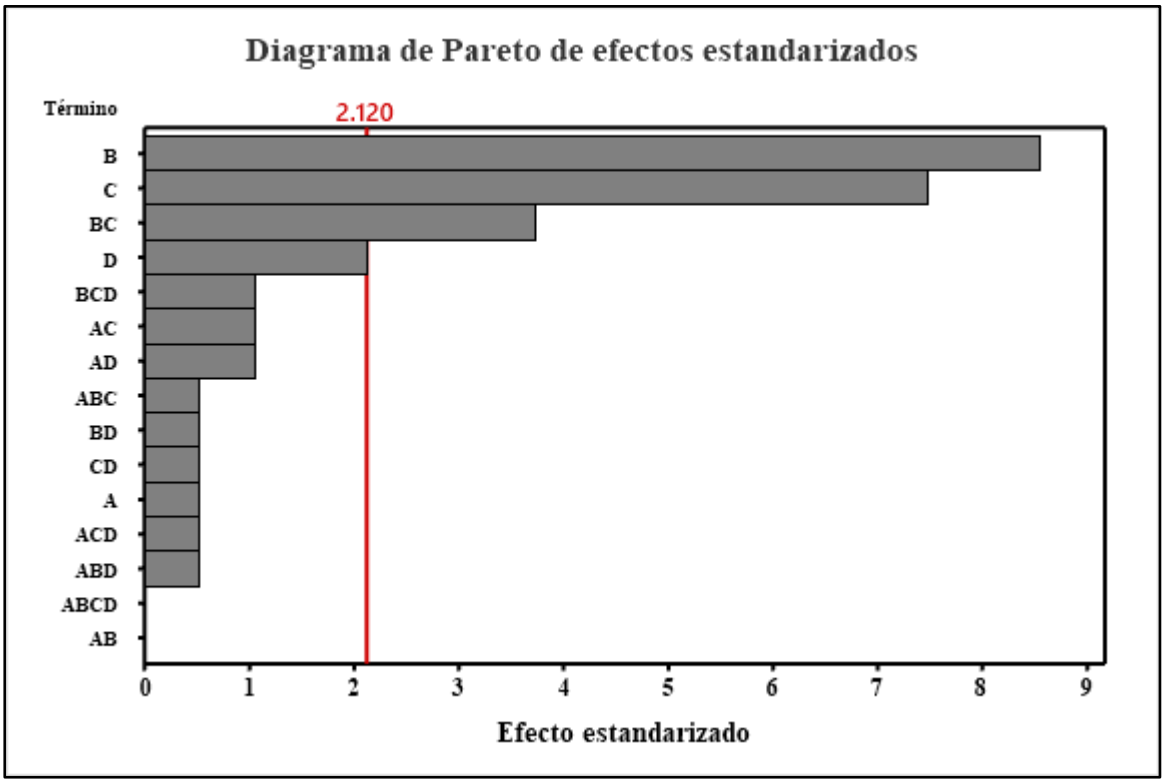
  El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset presenta influencia relevante en la solidez de color al frote en fibra de alpaca Huacaya.

- **Planteamiento de las hipótesis**
  - **H_1**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset muestra efectos relevantes en la solidez de color al frote en la fibra de alpaca Huacaya.
  - **H_0**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset muestra efectos relevantes en la solidez de color al frote en la fibra de alpaca Huacaya.

Tabla 47: *Análisis de varianza de la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación continua*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	15	16.7188	1.11458	10.19	0.000
Lineal	4	14.6563	3.66406	33.50	0.000
Concentración de colorante(A)	1	0.0313	0.03125	0.29	0.600
Concentración de mordiente(B)	1	8.0000	8.00000	73.14	0.000
Temperatura(C)	1	6.1250	6.12500	56.00	0.000
Tiempo(D)	1	0.5000	0.50000	4.57	0.048
2 términos de interacciones	6	1.8437	0.30729	2.81	0.046
A x B	1	0.0000	0.00000	0.00	1.000
A x C	1	0.1250	0.12500	1.14	0.301
A x D	1	0.1250	0.12500	1.14	0.301
B x C	1	1.5312	1.53125	14.00	0.002
B x D	1	0.0312	0.03125	0.29	0.600
C x D	1	0.0313	0.03125	0.29	0.600
3 términos de interacciones	4	0.2188	0.05469	0.50	0.736
A x B x C	1	0.0313	0.03125	0.29	0.600
A x B x D	1	0.0312	0.03125	0.29	0.600
A x C x D	1	0.0312	0.03125	0.29	0.600
B x C x D	1	0.1250	0.12500	1.14	0.301

4 términos de interacciones	1	0.0000	0.00000	0.00	1.000
A x B x C x D	1	0.0000	0.00000	0.00	1.000
Error	16	1.7500	0.10937		
Total	31	18.4688			
R^2 = 90.52% ; R^2 ajust = 81.64%		Nivel de significancia 5%			



A (concentración de colorante), B (concentración de mordiente), C (temperatura), D (Tiempo)

Figura 57: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación continua*

En tabla 46 y figura 57 se puede observar que los factores concentración de mordiente(B) y temperatura(C) presentan efectos altamente significativos con valor P = 0.000 por ende, influye de manera relevante en la resistencia del color al frote, en fibras con tipo de medulación continua. Esto sugiere que el proceso de fijación del colorante lanaset para obtener buena solidez del color depende principalmente de los factores de teñido son concentración de mordiente y temperatura son las variables que facilitan la difusión y fijación de colorante sobre la fibra de alpaca con presencia del tipo de medulación continua.

En cuanto a las interacciones de dos factores se encontraron efectos significativos en la interacción de concentración de mordiente vs temperatura (BC) que resulto con un valor P < 0.002 de significancia, es decir influyen de manera importante en el teñido em la fibra con tipo de medulación continua. Por otra parte, se muestra el R^2 = 90.52% y R^2ajus = 81.64%, lo que

indica es que los datos se ajustan bien al modelo lineal y que existe una variabilidad en los resultados de la resistencia del color en fibra de alpaca huacaya teñida con colorante lanaset con medulación continua, procedentes del distrito de Macusani.

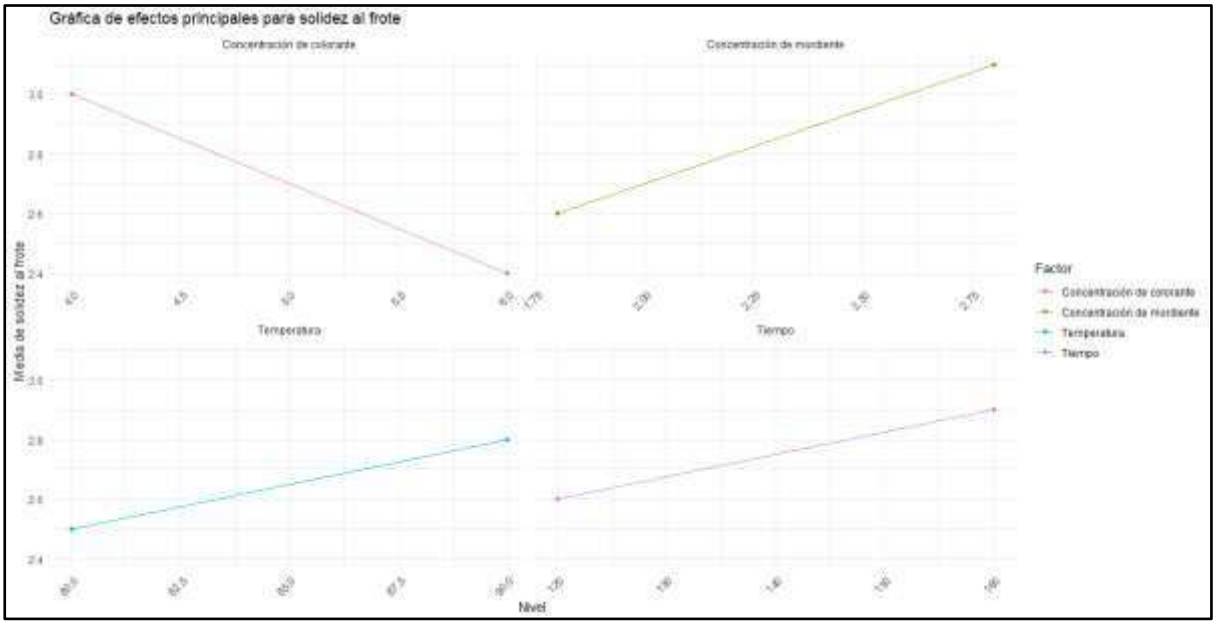


Figura 58: *Grafica de efectos principales de la solidez al frote en fibras con tipo de medulación continua*

La figura 58 presenta la influencia de los parámetros de teñidos, la concentración de colorante es el factor que muestra una pequeña disminución en la pendiente, indica que no existe efectos relevantes para la resistencia al frote la concentración de mordiente y temperatura de teñidos son los parámetros que muestra efectos positivos cuando se incrementa la concentración de mordiente de 1.8 a 2.8 g/L y la temperatura de 80 a 90°C se obtiene mejor solidez al frote; sin embargo el tiempo prolongado de 120 a 160 min contribuye moderadamente en la solidez al frote.

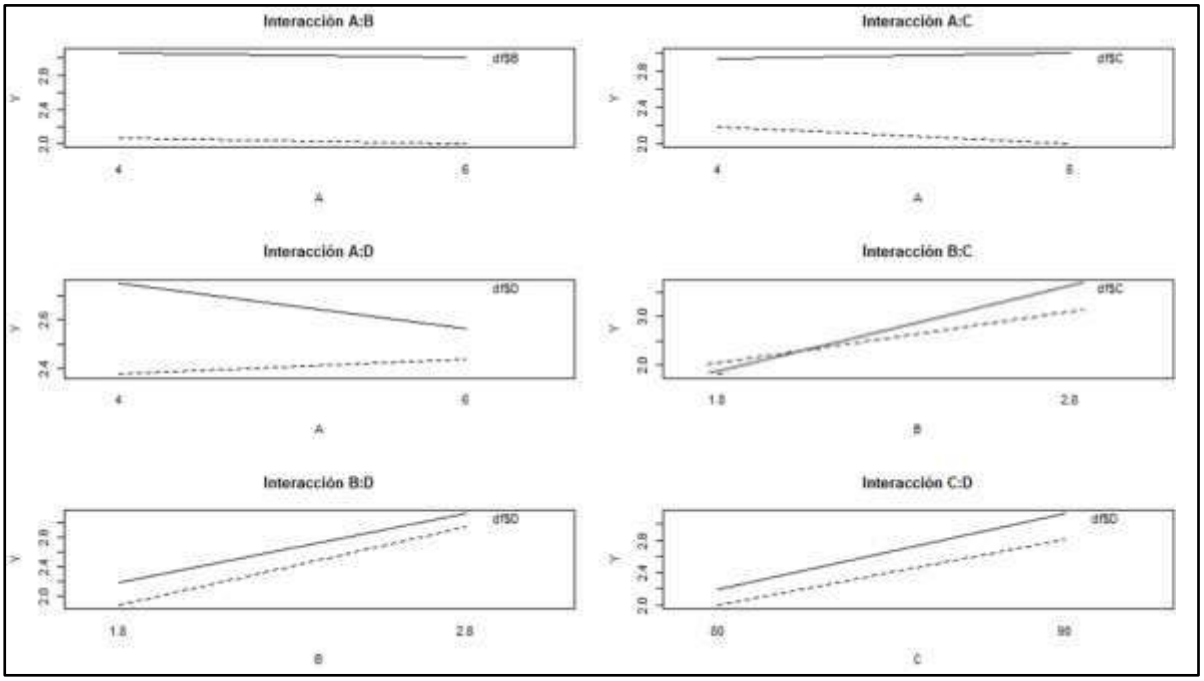


Figura 59: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al frote en fibras con tipo de medulación continua*

La figura 59 resalta que la solidez del color al frote del teñido de alpaca de tipo de medulación continua el aumento, de la concentración del colorante(A), concentración de mordiente(B), temperatura(C) y tiempo(D) tiende a mejorar la solidez al frote, así mismo la interacción concentración de mordiente vs temperatura (BC), donde las líneas se acercan, es decir la temperatura a 90°C con mordiente a 2.8 g/L mejora considerablemente la solidez de color al frote. Esto refleja que no solo hay que considerar en el proceso de teñido los efectos principales y las combinaciones de los factores, sino que también se debe considerar la medulación de la fibra antes del proceso de teñido para tener una buna solidez del color al frote

d Fuertemente medulada

- **Resultados descriptivos**

Tabla 48: *Resultados descriptivos de la solidez de color al frote de fibra de alpaca con tipo de fuertemente medulada*

N°	de combinación tratamiento	Factores (parámetros de teñido)				Fuertemente M. Solidez al frote	
		Concentración de colorante (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Replica I	Replica II
1	*(1)*	4	1,8	80.00	120	2	2
2	*a*	6	1,8	80.00	120	2	2
3	*b*	4	2.8	80.00	120	3	3
4	*ab*	6	2.8	80.00	120	2.5	3
5	*c*	4	1,8	90.00	120	2.5	2
6	*ac*	6	1,8	90.00	120	2	3
7	*bc*	4	2.8	90.00	120	2.5	3
8	*abc*	6	2.8	90.00	120	3.5	3.5
9	*d*	4	1,8	80.00	160	2.5	2
10	*ad*	6	1,8	80.00	160	3	2.5
11	*bd*	4	2.8	80.00	160	3	3
12	*abd*	6	2.8	80.00	160	3	3.5
13	*cd*	4	1,8	90.00	160	2	2.5
14	*acd*	6	1,8	90.00	160	2.5	3
15	*bcd*	4	2.8	90.00	160	3	3
16	*abcd*	6	2.8	90.00	160	4	3

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 48 muestra los registros de la prueba de solidez de color al frote en muestras de fibra de alpaca huacaya con presencia del tipo de fuertemente medulada, se evaluaron 16 unidades experimentales con dos replicas, considerando concentración de colorante (4 y 6%), concentración de mordiente (1.8 y 2.8 g/L), temperatura (80 y 90 °C) y tiempo (120 y 160 min), siendo, parámetros de teñido, por tanto, se obtuvieron solidez de color al frote en fibras evaluadas en la escala de grises de cambio de acuerdo a la NTP 231:042:2009 con tipo de fuertemente medulada, presenta regular a mala solidez (2 - 3), por ende, las muestras no poseen buena resistencia de color sometidas al proceso de fricción, las muestras del tipo de fuertemente

medulada no presentan buena absorción del colorante, ya que la estructura interna posee huecos de aire en casi toda la corteza, por lo que genera baja absorción del colorante.

- **Contrastación de hipótesis**

El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset muestra efectos relevantes en la solidez de color al frote en fibra de alpaca Huacaya.

- **Planteamiento de las hipótesis**

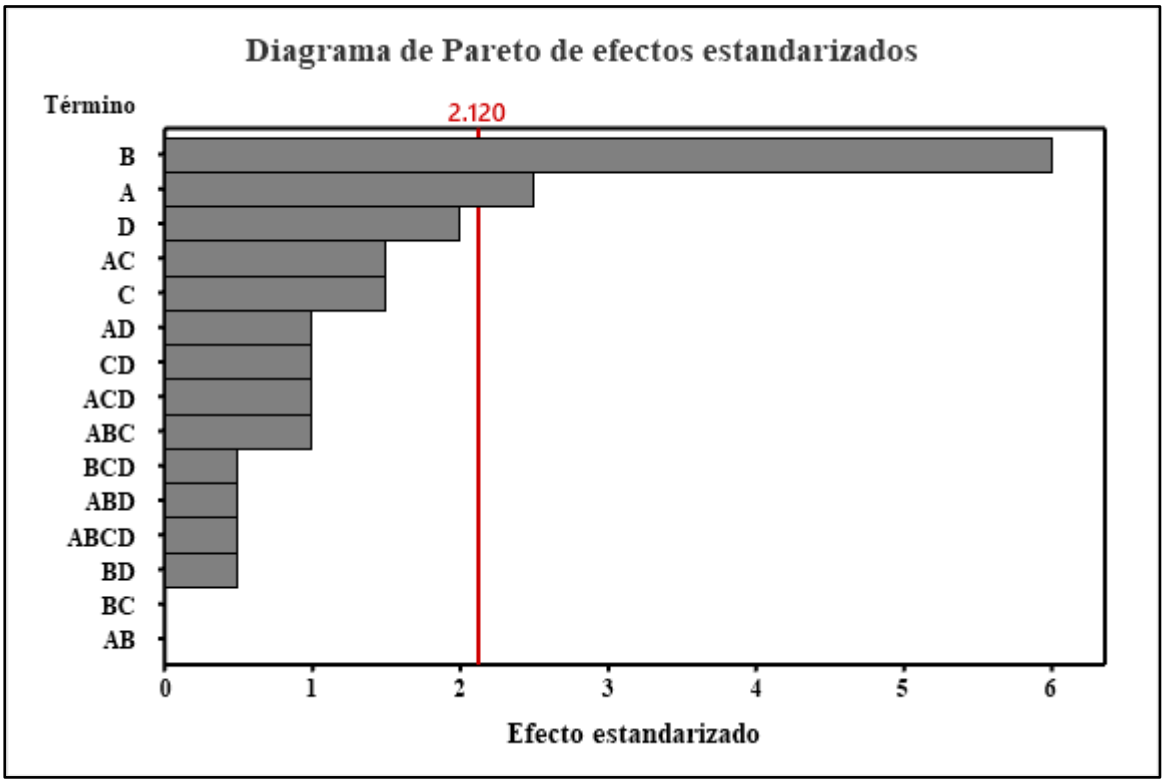
- **H_1**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset muestras efectos importantes en la solidez de color al frote en la fibra de alpaca Huacaya.

- **H_0**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset no muestras efectos importantes en la solidez de color al frote en la fibra de alpaca Huacaya.

Tabla 49: *Análisis de varianza de la solidez de color al frote en fibras con tipo de fuertemente medulada*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	15	6.96875	0.46458	3.72	0.007
Lineal	4	6.06250	1.51562	12.13	0.000
Concentración de colorante(A)	1	0.78125	0.78125	6.25	0.024
Concentración de mordiente(B)	1	4.50000	4.50000	36.00	0.000
Temperatura(C)	1	0.28125	0.28125	2.25	0.153
Tiempo(D)	1	0.50000	0.50000	4.00	0.063
2 términos de interacciones	6	0.56250	0.09375	0.75	0.618
A x B	1	0.00000	0.00000	0.00	1.000
A x C	1	0.28125	0.28125	2.25	0.153
A x D	1	0.12500	0.12500	1.00	0.332
B x C	1	0.00000	0.00000	0.00	1.000
B x D	1	0.03125	0.03125	0.25	0.624
C x D	1	0.12500	0.12500	1.00	0.332
3 términos de interacciones	4	0.31250	0.07812	0.62	0.651
A x B x C	1	0.12500	0.12500	1.00	0.332
A x B x D	1	0.03125	0.03125	0.25	0.624
A x C x D	1	0.12500	0.12500	1.00	0.332
B x C x D	1	0.03125	0.03125	0.25	0.624

4 términos de interacciones	1	0.03125	0.03125	0.25	0.624
A x B x C x D	1	0.03125	0.03125	0.25	0.624
Error	16	2.00000	0.12500		
Total	31	8.96875			
R^2 = 77.70% ; R^2 ajust = 56.79%		Nivel de significancia 5%			



A (concentración de colorante), B (concentración de mordiente), C (temperatura), D (Tiempo)

Figura 60: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al frote en fibras con tipo de fuertemente medulada*

La tabla 49 y figura 60 se muestra los factores concentración de mordiente(B) influye significativamente con valor P = 0.000 y concentración de colorante(A) presentan efectos significativos con valor P = 0.024 por tanto, los factores son relevantes en la solidez del color al frote, en fibras con tipo fuertemente medulada. Es decir, que el proceso de fijación del colorante lanaset para obtener solidez del color adecuada, depende principalmente de los factores de teñido concentración de mordiente y concentración de colorante son los factores que facilitan la difusión y fijación de colorante sobre la fibra de alpaca con presencia del tipo de fuertemente medulada.

En cuanto a las demás interacciones de los factores no se encontraron efectos significativos, es decir no influyen en el proceso de teñido con presencia del tipo de fuertemente medulada Por

otra parte, se muestra el R^2 = 77.70% y R^2ajus = 56.79%, lo que indica es que los datos se ajustan al modelo lineal y que existe una variabilidad en los datos de la fijacion del color en las muestras de fibra de alpaca huacaya teñida con colorante lanaset con presencia del tipo fuertemente medulada, procedentes del distrito de Macusani.

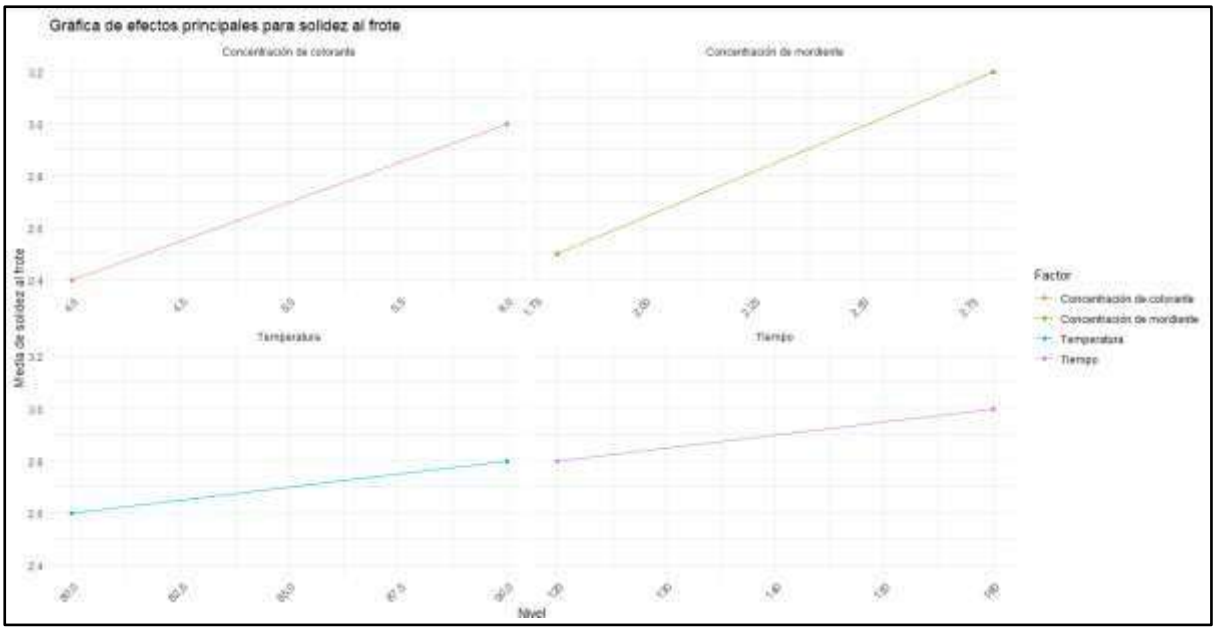


Figura 61: *Grafica de efectos principales de la solidez al frote en fibras con tipo de fuertemente medulada*

En la figura 61 muestra la influencia de los parámetros de teñidos, la concentración de mordiente de 1.8 a 2.8 g/L tiene mejor influencia en la solidez al frote , es decir a mayor concentración del mordiente se obtiene mejores resultados en la solidez en fibras con fuerte medulación, sin embargo los factores de concentración de teñido, temperatura y tiempo presentan menor influencia en la resistencia de color al frote es decir influyen moderadamente en el proceso de teñido en muestras con tipo de fuertemente medulada

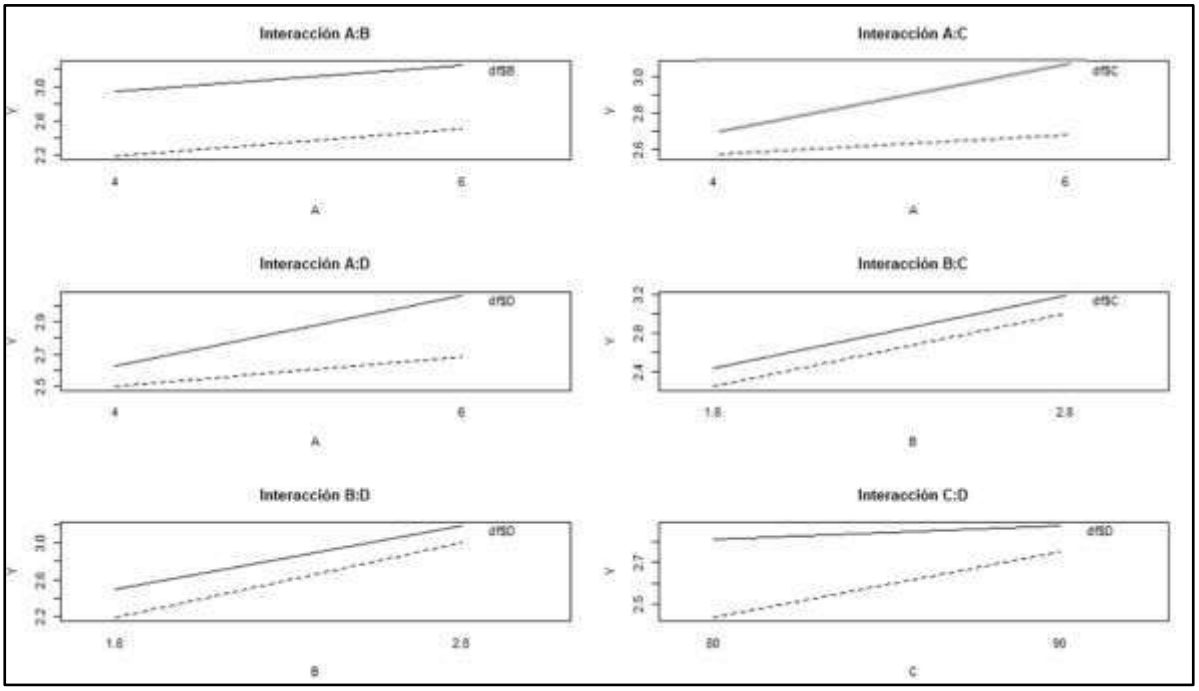


Figura 62: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al frote en fibras con tipo de fuertemente medulada*

En la figura 62 se ve que la solidez del color al frote en el teñido de la fibra con tipo fuertemente medulada a mayor concentración del colorante(A), concentración de mordiente(B), temperatura(C) y tiempo(D) tiende a mejorar la solidez al frote de manera independiente yaque no existe interaccion, así mismo la interacción concentración de colorante vs temperatura (C), donde las líneas interactúan es decir a mayor temperatura de 90°C con colorante a 6 % mejora considerablemente la solidez de color al frote. Esto refleja que no solo hay que considerar en el proceso de teñido los efectos principales y las combinaciones de los factores, sino que también se debe considerar la medulación de la fibra antes del proceso de teñido para tener una buena solidez del color al frote

4.2.3 OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Examinar los efectos del tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset en la solidez de color al lavado en teñidos de fibra de alpaca Huacaya

a Medula fragmentada

- **Resultados descriptivos**

Tabla 50: *Resultados descriptivos de la solidez de color al lavado de fibra de alpaca con tipo de medulación fragmentada*

N°	Combinación de tratamiento	Factores (parámetros de teñido)				M.Fragmentada. Solidez al lavado	
		Concentración de colorante (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Replica I	Replica II
1	*(1)*	4	1,8	80.00	120	1.5	1.5
2	*a*	6	1,8	80.00	120	3	3
3	*b*	4	2.8	80.00	120	3.5	3
4	*ab*	6	2.8	80.00	120	4	4
5	*c*	4	1,8	90.00	120	2.5	2.5
6	*ac*	6	1,8	90.00	120	4	4
7	*bc*	4	2.8	90.00	120	4	4
8	*abc*	6	2.8	90.00	120	4	4
9	*d*	4	1,8	80.00	160	2.5	2.5
10	*ad*	6	1,8	80.00	160	4	4
11	*bd*	4	2.8	80.00	160	4	4
12	*abd*	6	2.8	80.00	160	4	4
13	*cd*	4	1,8	90.00	160	3.5	3.5
14	*acd*	6	1,8	90.00	160	4	4
15	*bcd*	4	2.8	90.00	160	4	4
16	*abcd*	6	2.8	90.00	160	4	4

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 50 presenta los registros de la prueba de solidez de color al lavado en muestras con presencia del tipo de medulación fragmentada, se evaluaron 16 unidades experimentales con dos replicas, considerando concentración de colorante (4 y 6%), concentración de mordiente (1.8 y 2.8 g/L), temperatura (80 y 90 °C) y tiempo (120 y 160 min), considerándose como parámetros de teñido, por tanto, se obtuvieron solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación fragmentada, evaluadas la transferencia de color de acuerdo a la NTP 231.008:2015 por ende, presenta buena solidez en su mayoría de grado (4), entonces, la resistencia de color es buena sometidas al proceso de fricción, en fibras con tipo de medulación

fragmentada tiene buena absorción del colorante, ya que este tipo de medulación tiene pequeños espacios de aire.

- **Contrastación de hipótesis**

El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset tiene efectos significativos en la solidez de color al lavado en fibra de alpaca Huacaya.

- **Planteamiento de las hipótesis**

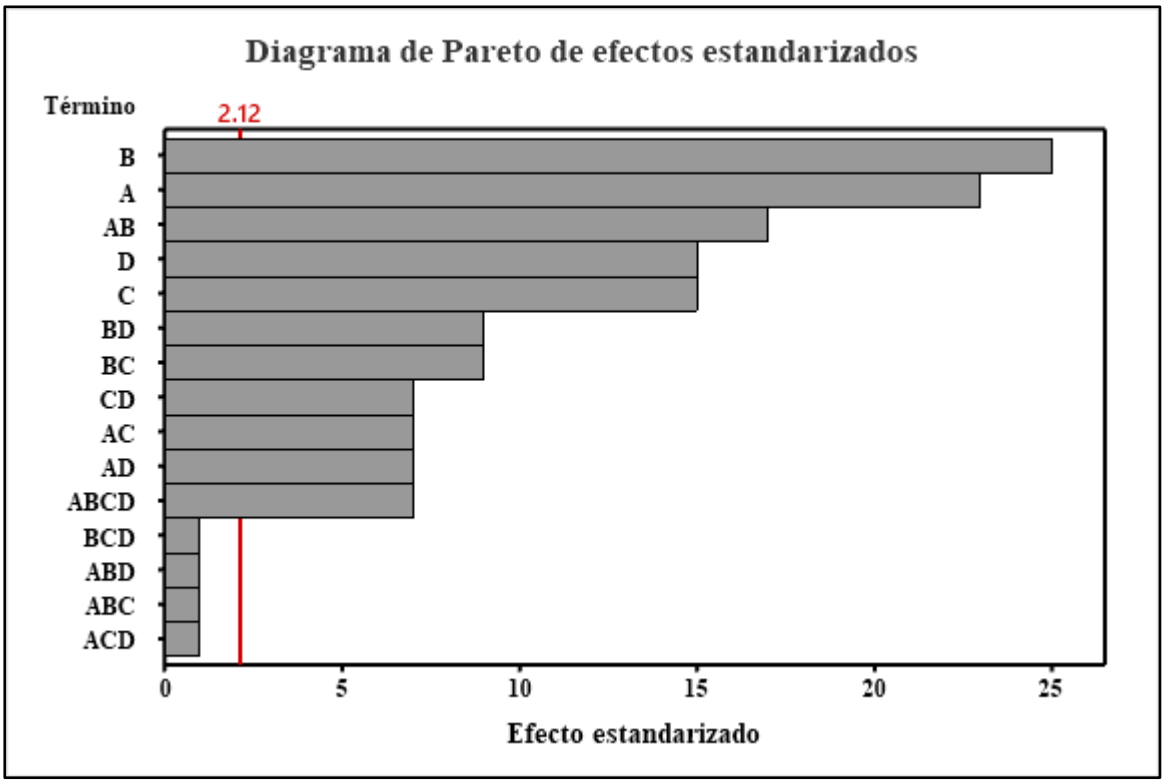
- **H_1**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset tiene influencia relevante en la solidez de color al lavado en la fibra de alpaca Huacaya.

- **H_0**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset no tiene influencia relevante en la solidez de color al lavado en la fibra de alpaca Huacaya.

Tabla 51: *Análisis de varianza de la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación fragmentada*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	15	17.6172	1.17448	150.33	0.000
Lineal	4	12.5312	3.13281	401.00	0.000
Concentración de colorante(A)	1	4.1328	4.13281	529.00	0.000
Concentración de mordiente(B)	1	4.8828	4.88281	625.00	0.000
Temperatura(C)	1	1.7578	1.75781	225.00	0.000
Tiempo(D)	1	1.7578	1.75781	225.00	0.000
2 términos de interacciones	6	4.6719	0.77865	99.67	0.000
A x B	1	2.2578	2.25781	289.00	0.000
A x C	1	0.3828	0.38281	49.00	0.000
A x D	1	0.3828	0.38281	49.00	0.000
B x C	1	0.6328	0.63281	81.00	0.000
B x D	1	0.6328	0.63281	81.00	0.000
C x D	1	0.3828	0.38281	49.00	0.000
3 términos de interacciones	4	0.0312	0.00781	1.00	0.436
A x B x C	1	0.0078	0.00781	1.00	0.332
A x B x D	1	0.0078	0.00781	1.00	0.332
A x C x D	1	0.0078	0.00781	1.00	0.332
B x C xD	1	0.0078	0.00781	1.00	0.332

4 términos de interacciones	1	0.3828	0.38281	49.00	0.000
A x B x C x D	1	0.3828	0.38281	49.00	0.000
Error	16	0.1250	0.00781		
Total	31	17.7422			
R^2 = 99.30% ; R^2 ajust = 98.63%		Nivel de significancia 5%			



A (concentración de colorante), B (concentración de mordiente), C (temperatura), D (Tiempo)4

Figura 63: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación fragmentada*

La tabla 51 y figura 63 muestra los parametros concentración de mordiente(B), concentración de colorante(A), temperatura(C) y tiempo(D), presentan efectos altamente significativos con valor p = 0.000 en la solidez del color al lavado, en muestras de fibras con tipo de medulación fragmentada. Esto sugiere que el proceso de fijación del colorante lanaset para obtener buena solidez del color depende principalmente de los parámetros de teñido son concentración de colorante, concentración de mordiente, temperatura y tiempo son las variables que facilitan la difusión y fijación de colorante sobre la fibra de alpaca con presencia del tipo de medulación fragmentada.

En cuanto a las interacciones de dos factores se encontraron efectos significativos en la interacción de concentración de colorante vs concentración de mordiente(AB), concentración de mordiente vs tiempo(BD), concentración de mordiente vs temperatura(BC), temperatura vs. tiempo (CD), concentración de colorante vs temperatura(AC), concentración de colorante vs tiempo(AD) e interacción de cuatro factores ABCD que resultaron un valor $p < 0.000$ de significancia, es decir los efectos de estos parámetros son relevantes con presencia del tipo de medulación fragmentada. Por otra parte, se muestra el $R^2 = 99.30\%$ y R^2ajus = 98.63%, lo que indica es que los datos se ajustan bien al modelo lineal y que existe una variabilidad en los datos de la resistencia del color en las muestras de fibra de alpaca huacaya teñida con colorante lanaset con presencia de medulación, procedentes del distrito de Macusani.

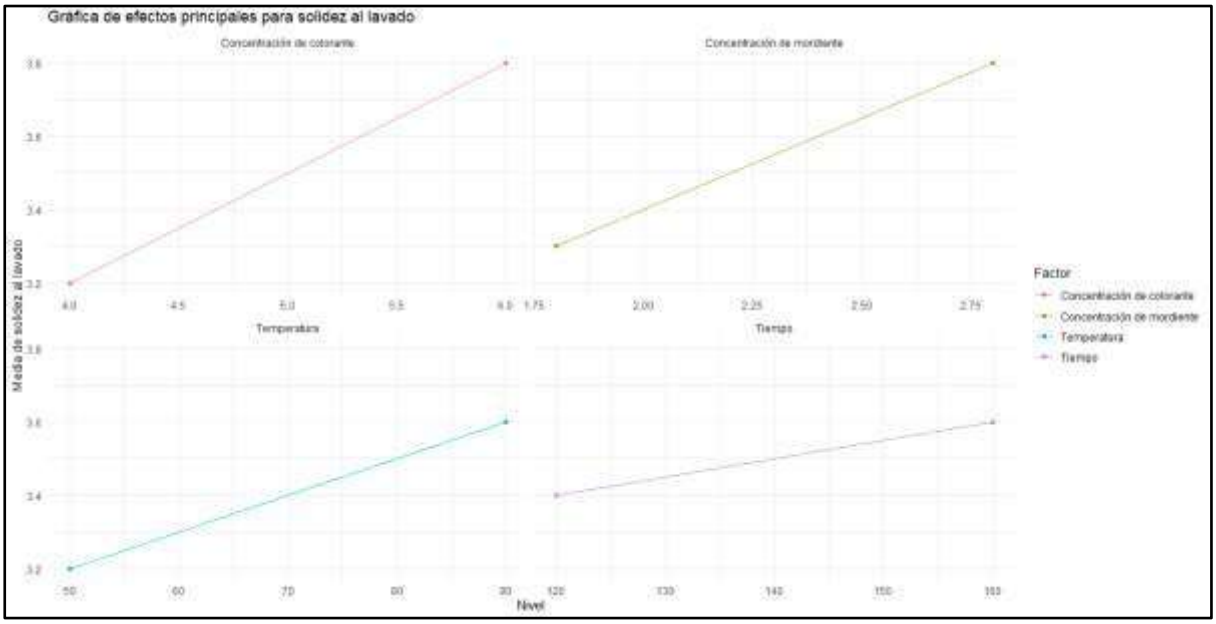


Figura 64: *Grafica de efectos principales de la solidez al lavado en fibras con tipo de medulación fragmentada*

En la figura 64 resalta los parámetros de teñidos, concentración de colorante en niveles de 4 y 6 % se observa que, a mayor concentración de colorante la solidez al lavado mejora notablemente, evidenciado por la pendiente positiva de la línea por tanto, este factor tiene influencia favorable para la resistencia de color al lavado; también, la concentración de mordiente en 1.8 y 2.8 g/L, es uno de los parámetros que muestra mayor efecto cuando se aumenta la concentración de mordiente se obtiene mejor solidez al lavado; así mismo los factores temperatura y tiempo mejora considerablemente; es decir a temperaturas elevadas y tiempos prologados se obtienen mejor absorción del colorante en la evaluación de resistencia del teñido al lavado.

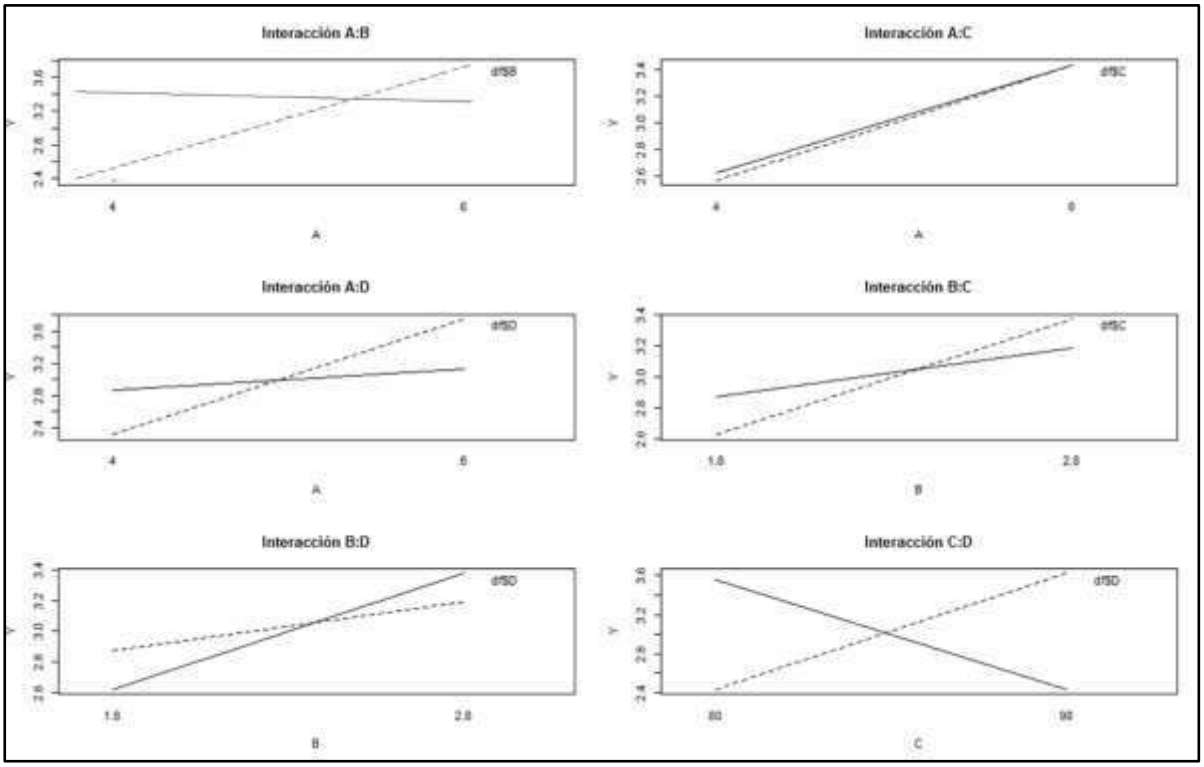


Figura 65: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación fragmentada*

En la figura 65 muestra la resistencia del color al lavado en teñido de alpaca de tipo de medulación fragmentada el aumento, de la concentración del colorante vs. concentración de mordiente (AB) mejora la solidez de color al lavado en 6% con 2.8g/L de mordiente, concentración de colorante vs. temperatura (AC), presenta una ligera interacción, es decir 6% de colorante se aplica 80 a 90°C concentración de colorante vs. tiempo(AD), donde de 4 a 6% en tiempos prolongados de 160min incrementa la resistencia de color, también concentración de mordiente vs. temperatura(BC), interactúan yauqe a mayor concentración de mordiente en 2.8g/L a 90°C presenta mejoras en la solidez en fibras con tipo de medulación fragmentada, concentración de mordiente vs. tiempo prolongado de 160min y mordiente 2.8g/l temperatura vs. tiempo(CD) tiende a mejorar la solidez al lavado a 80°C con 160min sin embargo pasa lo contrario en 90°C y 120 min. Esto refleja que no solo hay que considerar en el proceso de teñido, sino que también se debe considerar la medulación de la fibra antes del proceso de teñido para tener una buna solidez del color al lavado.

b Medula discontinua

- **Resultados descriptivos**

Tabla 52: *Resultados descriptivos de la solidez de color al lavado de fibra de alpaca con tipo de medulación discontinua*

N°	de combinación tratamiento	Factores (parámetros de teñido)				M. Discontinua Solidez al lavado	
		Concentración de colorante (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Replica I	Replica II
1	*(1)*	4	1,8	80.00	120	2.5	1.5
2	*a*	6	1,8	80.00	120	4	4.5
3	*b*	4	2.8	80.00	120	2	2.5
4	*ab*	6	2.8	80.00	120	5	4.5
5	*c*	4	1,8	90.00	120	3.5	4
6	*ac*	6	1,8	90.00	120	3	3.5
7	*bc*	4	2.8	90.00	120	4.5	4
8	*abc*	6	2.8	90.00	120	3.5	4
9	*d*	4	1,8	80.00	160	4.5	3.5
10	*ad*	6	1,8	80.00	160	2.5	3
11	*bd*	4	2.8	80.00	160	3	3.5
12	*abd*	6	2.8	80.00	160	3.5	4
13	*cd*	4	1,8	90.00	160	2	3
14	*acd*	6	1,8	90.00	160	1	2
15	*bcd*	4	2.8	90.00	160	1	1.5
16	*abcd*	6	2.8	90.00	160	3	3.5

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 52 registra la prueba de solidez de color al lavado en muestras de fibra de alpaca huacaya con presencia del tipo de medulación discontinua, se evaluaron 16 unidades experimentales con dos replicas, considerando concentración de colorante (4 y 6%), concentración de mordiente (1.8 y 2.8 g/L), temperatura (80 y 90 °C) y tiempo (120 y 160 min), considerando parámetros de teñido, por tanto, se obtuvieron la resistencia de color al frote evaluadas la transferencia de color de acuerdo a la NTP 231.008:2015 en fibras con tipo de medulación discontinua, presenta “regular a mala solidez” (2.5 - 3.5), por ende, estas muestras no poseen buena resistencia de color sometidas al proceso de lavado, las muestras del tipo de medulación discontinua no tienen buena absorción del colorante, ya que la estructura interna

posee huecos de aire multiseriado, lo que genera baja absorción del colorante y mayor transferencia de color.

- **Contrastación de hipótesis**

El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset muestra influencia relevante en la solidez de color al lavado en fibra de alpaca Huacaya.

- **Planteamiento de las hipótesis**

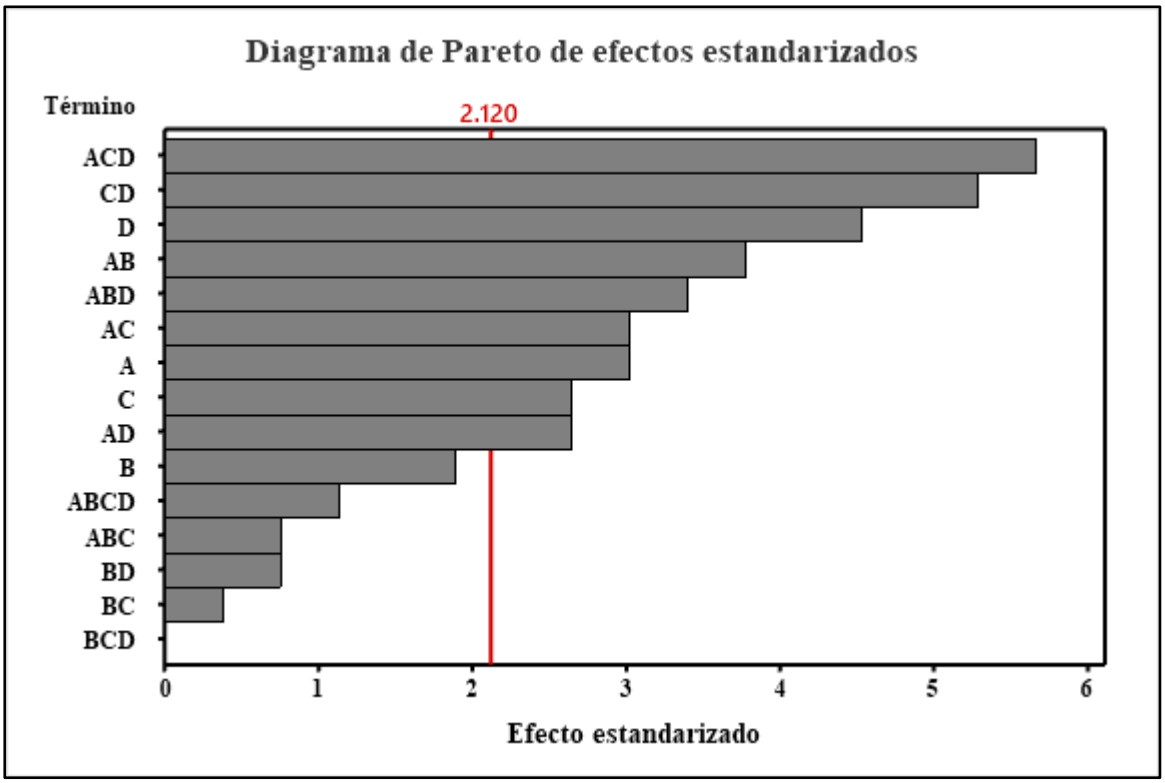
- **H_1**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset tiene efectos relevantes en la solidez de color al lavado en la fibra de alpaca Huacaya.

- **H_0**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset no tiene efectos relevantes en la solidez de color al lavado en la fibra de alpaca Huacaya.

Tabla 53: *Análisis de varianza de la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación discontinua*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	15	31.7187	2.11458	9.67	0.000
Lineal	4	8.8125	2.20313	10.07	0.000
Concentración de colorante(A)	1	2.0000	2.00000	9.14	0.008
Concentración de mordiente(B)	1	0.7813	0.78125	3.57	0.077
Temperatura(C)	1	1.5313	1.53125	7.00	0.018
Tiempo(D)	1	4.5000	4.50000	20.57	0.000
2 términos de interacciones	6	12.9375	2.15625	9.86	0.000
A x B	1	3.1250	3.12500	14.29	0.002
A x C	1	2.0000	2.00000	9.14	0.008
A x D	1	1.5313	1.53125	7.00	0.018
B x C	1	0.0312	0.03125	0.14	0.710
B x D	1	0.1250	0.12500	0.57	0.461
C x D	1	6.1250	6.12500	28.00	0.000
3 términos de interacciones	4	9.6875	2.42187	11.07	0.000
A x B x C	1	0.1250	0.12500	0.57	0.461
A x B x D	1	2.5312	2.53125	11.57	0.004
A x C x D	1	7.0312	7.03125	32.14	0.000
B x C xD	1	0.0000	0.00000	0.00	1.000

4 términos de interacciones	1	0.2812	0.28125	1.29	0.274
A x B x C x D	1	0.2812	0.28125	1.29	0.274
Error	16	3.5000	0.21875		
Total	31	35.2187			
R^2 = 90.06% ; R^2 ajust = 80.75%		Nivel de significancia 5%			



A (concentración de colorante), B (concentración de mordiente), C (temperatura), D (Tiempo)

Figura 66: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación discontinua*

La tabla 52 y figura 66 se registra los parámetros, tiempo(D) presentan efectos altamente significativos con valor P = 0.000, concentración de colorante(A),) influye significativamente con valor P = 0.008 y temperatura(C) influye significativamente con valor p = 0.018 en la resistencia del color al lavado, en muestras con tipo de medulación discontinua. Esto sugiere que el proceso de teñido del colorante lanaset para obtener buena solidez del color depende principalmente de los factores de teñido son concentración de colorante, temperatura y tiempo son las variables que facilitan la difusión y fijación de colorante sobre la fibra de alpaca con presencia del tipo de medulación discontinua.

En cuanto a las interacciones de dos factores se encontraron efectos significativos en la interacción de temperatura vs tiempo (CD) que resulto con un valor p < 0.000 de significancia,

concentración de colorante vs concentración de mordiente(AB) que resulto con un valor P < 0.000 de significancia, concentración de colorante vs temperatura (AC), que resultaron un valor P < 0.008 de significancia, y concentración de colorante vs tiempo(AD) que resultaron un valor P < 0.018 de significancia, es decir influyen relevantemente en el teñido con presencia del tipo de medulación discontinua. Por otra parte, se muestra el R^2 = 90.06% y R^2ajus = 80.75%, lo que indica es que los datos se ajustan bien al modelo lineal y que existe una variabilidad enla resistencia de color al lavado en las muestras de fibra de alpaca huacaya teñida con colorante lanaset con presencia de medulación discontinua, procedentes del distrito de Macusani.

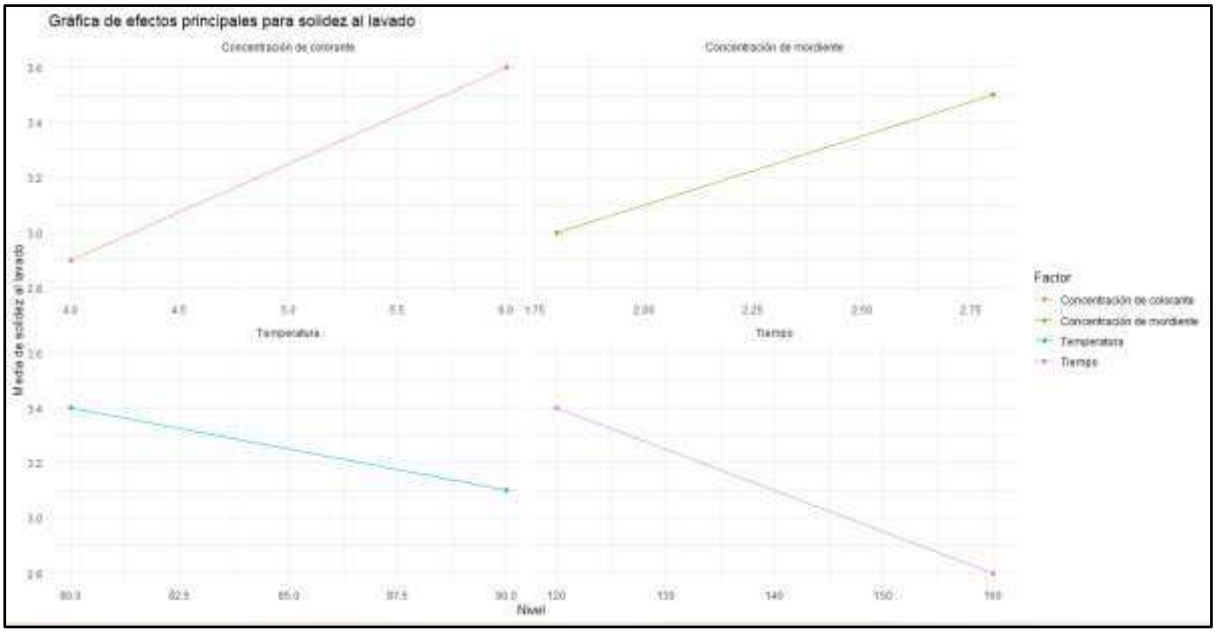


Figura 67: *Grafica de efectos principales de la solidez al lavado en fibras con tipo de medulación discontinua*

En la figura 67 se contrasta los efectos de los parámetros de teñidos, la concentración de colorante es el factor con mayor efecto en la solidez al lavado ya que al aumentar la concentración de 4 al 6% mejora notablemente la solidez al lavado, evidenciado por la pendiente positiva de la línea de tal manera, la concentración de mordiente muestra efectos positivos cuando se incrementa la concentración de 1.8 a 2.8 g/L se obtiene mejor solidez al frote; sin embargo los factores temperatura y tiempo muestran efectos negativos evidenciado por la pendiente negativa de la línea, es decir para obtener la solidez al lavado optimo estos factores se deben mantener en niveles moderados.

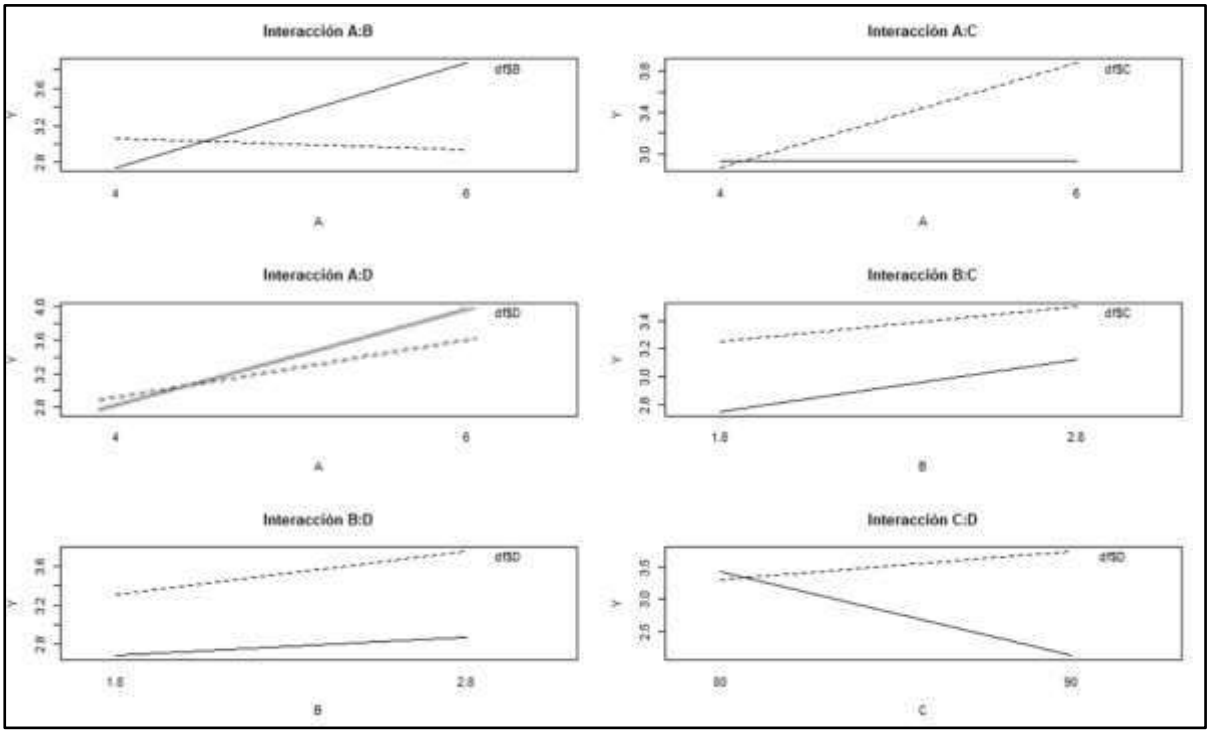


Figura 68: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación discontinua*

En la figura 68 muestra la solidez del color al frote en el teñido de alpaca de tipo de medulación discontinua no solo de pende de cada factor, también de la interacción entre cada factor de la forma como se combinan. La interacción más marcada es entre concentración de colorante vs. concentración de mordiente (AB), donde las líneas se cruzan lo que indica es que a 4% del colorante y a mordiente de 2.8 g/L aumenta la solidez del color al frote, así mismo la interacción concentración de colorante vs. temperatura (AC) al 6% de colorante y temperatura 90°C presenta mejor resistencia al color, también, concentración de colorante vs. tiempo (AD) el 6% de colorante con un tiempo de 120min hay mejor solidez, asi mismo, temperatura vs tiempo (CD), donde las líneas se cruzan, que a 80 °C y a tiempo prologando aumenta la solidez del color al lavado, sin embargo, a una temperatura alta (90°C) ocurre lo contrario el incremento del tiempo reduce la solidez del color. Esto refleja que no solo hay que considerar en el proceso de teñido los efectos principales y las combinaciones de los factores, sino que también se debe considerar la medulación de la fibra antes del proceso de teñido para tener una buena solidez del color al lavado

c Medula continua

- **Resultados descriptivos**

Tabla 54: *Resultados descriptivos de la solidez de color al lavado de fibra de alpaca con tipo de medulación continua*

N°	combinación de tratamiento	Factores (parámetros de teñido)				M. Continua Solidez al lavado	
		Concentración de colorante (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Replica I	Replica II
1	*(1)*	4	1,8	80.00	120	1	1
2	*a*	6	1,8	80.00	120	1.5	1
3	*b*	4	2.8	80.00	120	1.5	1.5
4	*ab*	6	2.8	80.00	120	1.5	1.5
5	*c*	4	1,8	90.00	120	1.5	1.5
6	*ac*	6	1,8	90.00	120	2	1.5
7	*bc*	4	2.8	90.00	120	3.5	3
8	*abc*	6	2.8	90.00	120	3	3
9	*d*	4	1,8	80.00	160	1	1.5
10	*ad*	6	1,8	80.00	160	1	1.5
11	*bd*	4	2.8	80.00	160	1.5	2
12	*abd*	6	2.8	80.00	160	1.5	2
13	*cd*	4	1,8	90.00	160	1.5	2
14	*acd*	6	1,8	90.00	160	1.5	2
15	*bcd*	4	2.8	90.00	160	3	3.5
16	*abcd*	6	2.8	90.00	160	3	3.5

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 54 presenta los registros de la prueba de solidez de color al lavado en muestras con presencia del tipo de medulación discontinua, se evaluaron 16 unidades experimentales con dos replicas, considerando concentración de colorante (4 y 6%), concentración de mordiente (1.8 y 2.8 g/L), temperatura (80 y 90 °C) y tiempo (120 y 160 min), considerando parámetros de teñido, por tanto, se obtuvieron solidez de color al lavado de transferencia de color de acuerdo a la NTP 231.008:2015 en fibras con tipo de medulación discontinua, presenta regular a mala solidez (2 - 3.5), por ende, no poseen buena resistencia de color sometidas al proceso de lavado, las muestras del tipo de medulación continua no tienen buena absorción del

colorante, ya que la estructura interna posee huecos de aire en más de la mitad de la corteza de la fibra, por lo que genera baja absorción del colorante.

- **Contrastación de hipótesis**

El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset tiene efectos importantes en la solidez de color al lavado en fibra de alpaca Huacaya.

- **Planteamiento de las hipótesis**

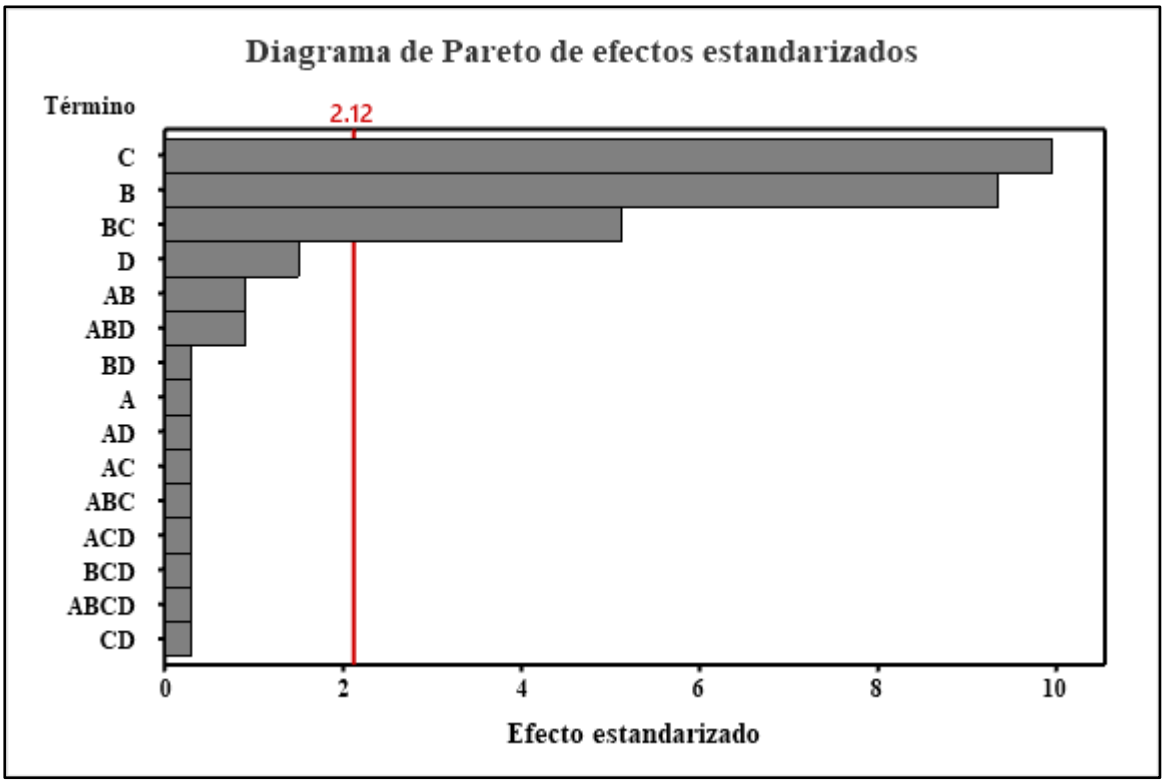
- **H_1**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset influye significativamente en la solidez de color al lavado en la fibra de alpaca Huacaya.

- **H_0**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset no influye significativamente en la solidez de color al lavado en la fibra de alpaca Huacaya

Tabla 55: *Análisis de varianza de la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación continua*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	15	18.6797	1.24531	14.49	0.000
Lineal	4	16.2188	4.05469	47.18	0.000
Concentración de colorante(A)	1	0.0078	0.00781	0.09	0.767
Concentración de mordiente(B)	1	7.5078	7.50781	87.36	0.000
Temperatura(C)	1	8.5078	8.50781	99.00	0.000
Tiempo(D)	1	0.1953	0.19531	2.27	0.151
2 términos de interacciones	6	2.3594	0.39323	4.58	0.007
A x B	1	0.0703	0.07031	0.82	0.379
A x C	1	0.0078	0.00781	0.09	0.767
A x D	1	0.0078	0.00781	0.09	0.767
B x C	1	2.2578	2.25781	26.27	0.000
B x D	1	0.0078	0.00781	0.09	0.767
C x D	1	0.0078	0.00781	0.09	0.767
3 términos de interacciones	4	0.0937	0.02344	0.27	0.891
A x B x C	1	0.0078	0.00781	0.09	0.767
A x B x D	1	0.0703	0.07031	0.82	0.379
A x C x D	1	0.0078	0.00781	0.09	0.767
B x C xD	1	0.0078	0.00781	0.09	0.767

4 términos de interacciones	1	0.0078	0.00781	0.09	0.767
A x B x C x D	1	0.0078	0.00781	0.09	0.767
Error	16	1.3750	0.08594		
Total	31	20.0547			
R^2 = 93.14% ; R^2 ajust = 86.72%		Nivel de significancia 5%			



A (concentración de colorante), B (concentración de mordiente), C (temperatura), D (Tiempo)

Figura 69: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación continua*

En la tabla 55 y figura 69 se puede observar que los factores temperatura(C) y concentración de mordiente(B) presentan efectos altamente significativos con valor P = 0.000 por ende, presenta efectos relevantes en la resistencia del color, sometido al lavado, en muestras con tipo de medulación continua. Esto sugiere que el proceso de fijación del colorante lanaset para obtener buena solidez del color depende principalmente de los factores de teñido son concentración de mordiente y temperatura son las variables que facilitan la difusión y fijación de colorante sobre la fibra de alpaca con presencia del tipo de medulación continua.

En cuanto a las interacciones de dos factores se encontraron efectos significativos en la interacción de concentración de mordiente vs temperatura (BC) que resulto con un valor P < 0.000 de significancia, es decir influyen relevantemente en el teñido con presencia del tipo de

medulación continua. Por otra parte, se muestra el R^2 = 93.14% y R^2ajus = 86.72lo que indica es que los datos se ajustan bien al modelo lineal y que existe una variabilidad en los registros en la resistencia del color al lavado en las muestras de fibra de alpaca huacaya teñida con colorante lanaset con presencia de medulación discontinua, procedentes del distrito de Macusani.

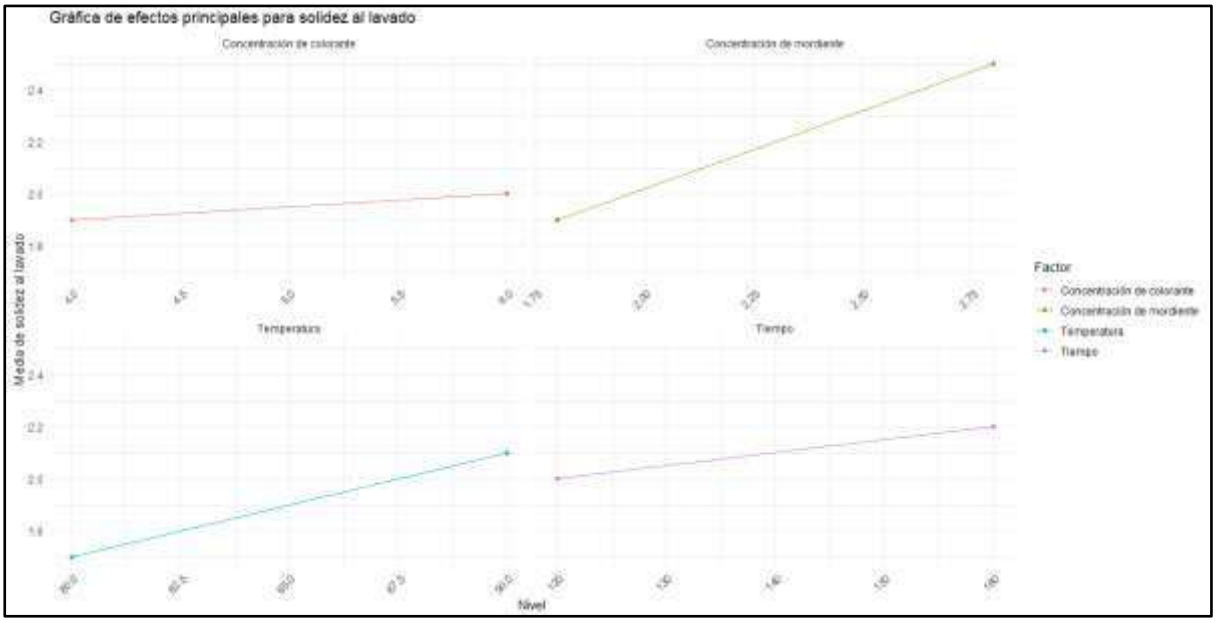


Figura 70: *Grafica de efectos principales de la solidez al lavado en fibras con tipo de medulación continua*

En la figura 70, los efectos de los parámetros de teñidos, la concentración de colorante es el factor que muestra mínima influencia para la solidez al lavado en concentraciones de 4 a 6%; sin embargo, la concentración de mordiente y temperatura de teñidos son los parámetros que muestra mayores efectos positivos cuando se incrementa la concentración de mordiente de 1.8 a 2.8 g/L y la temperatura de 80 a 90°C se tiene mejor resistencia de color en la solidez al lavado; y el tiempo de 120 a 160 min contribuye moderadamente en la resistencia al lavado.

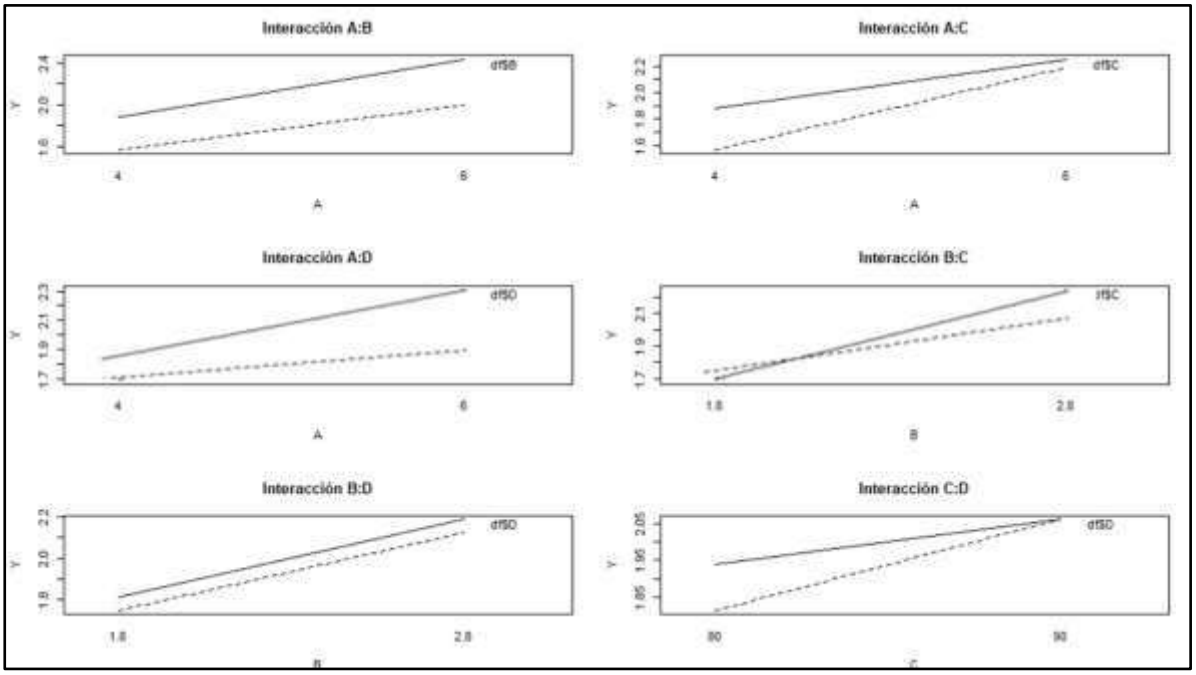


Figura 71: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de medulación continua*

En la figura 71 se observa que la resistencia del color al lavado en el teñido con medulación continua el aumento, de la concentración del colorante(A), concentración de mordiente(B), temperatura(C) y tiempo(D) tiende a mejorar la solidez al lavado, así mismo la interacción concentración de mordiente vs temperatura (BC), donde las líneas se acercan, es decir la temperatura a 90°C con mordiente a 2.8 g/L mejora considerablemente la solidez de color al lavado. Esto refleja que no solo hay que considerar en el proceso de teñido los efectos principales y las combinaciones de los factores, sino que también se debe considerar la medulación de la fibra antes del proceso de teñido para tener una buena solidez del color al lavado

d Fuertemente medulada

- **Resultados descriptivos**

Tabla 56: *Resultados descriptivos de la solidez de color al lavado de fibra de alpaca con tipo de fuertemente medulada*

N°	Combinación de tratamiento	Factores (parámetros de teñido)				Fuertemente M. Solidez al frote	
		Concentración de colorante (%)	Concentración de mordiente (g/L)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Replica I	Replica II
1	*(1)*	4	1,8	80.00	120	1.5	1
2	*a*	6	1,8	80.00	120	2	2
3	*b*	4	2.8	80.00	120	2	1.5
4	*ab*	6	2.8	80.00	120	2.5	2
5	*c*	4	1,8	90.00	120	1.5	2
6	*ac*	6	1,8	90.00	120	2	2
7	*bc*	4	2.8	90.00	120	2.5	2
8	*abc*	6	2.8	90.00	120	2.5	2
9	*d*	4	1,8	80.00	160	1.5	1.5
10	*ad*	6	1,8	80.00	160	2	2
11	*bd*	4	2.8	80.00	160	2	1.5
12	*abd*	6	2.8	80.00	160	2.5	2.5
13	*cd*	4	1,8	90.00	160	2	1.5
14	*acd*	6	1,8	90.00	160	2	2
15	*bcd*	4	2.8	90.00	160	1.5	2
16	*abcd*	6	2.8	90.00	160	2.5	3

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 56 presenta los registros de la prueba de resistencia de color al lavado en muestras con presencia del tipo de fuertemente medulada, se evaluaron 16 unidades experimentales con dos replicas, considerando concentración de colorante (4 y 6%), concentración de mordiente (1.8 y 2.8 g/L), temperatura (80 y 90 °C) y tiempo (120 y 160 min), siendo, parámetros de teñido, por tanto, se obtuvieron solidez de color al lavado evaluadas por la transferencia de color de acuerdo a la NTP 231.008:2015 con tipo de fuertemente medulada, presenta una mala solidez (2 -), por ende, las muestras no poseen buena resistencia de color sometidas al proceso de lavado, las muestras del tipo de fuertemente medulada no presentan buena absorción del

colorante, ya que la estructura interna posee huecos de aire en casi toda la corteza, por lo que genera baja absorción del colorante.

- **Contrastación de hipótesis**

El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset tiene influencia significativamente en la solidez de color al lavado en fibra de alpaca Huacaya.

- **Planteamiento de las hipótesis**

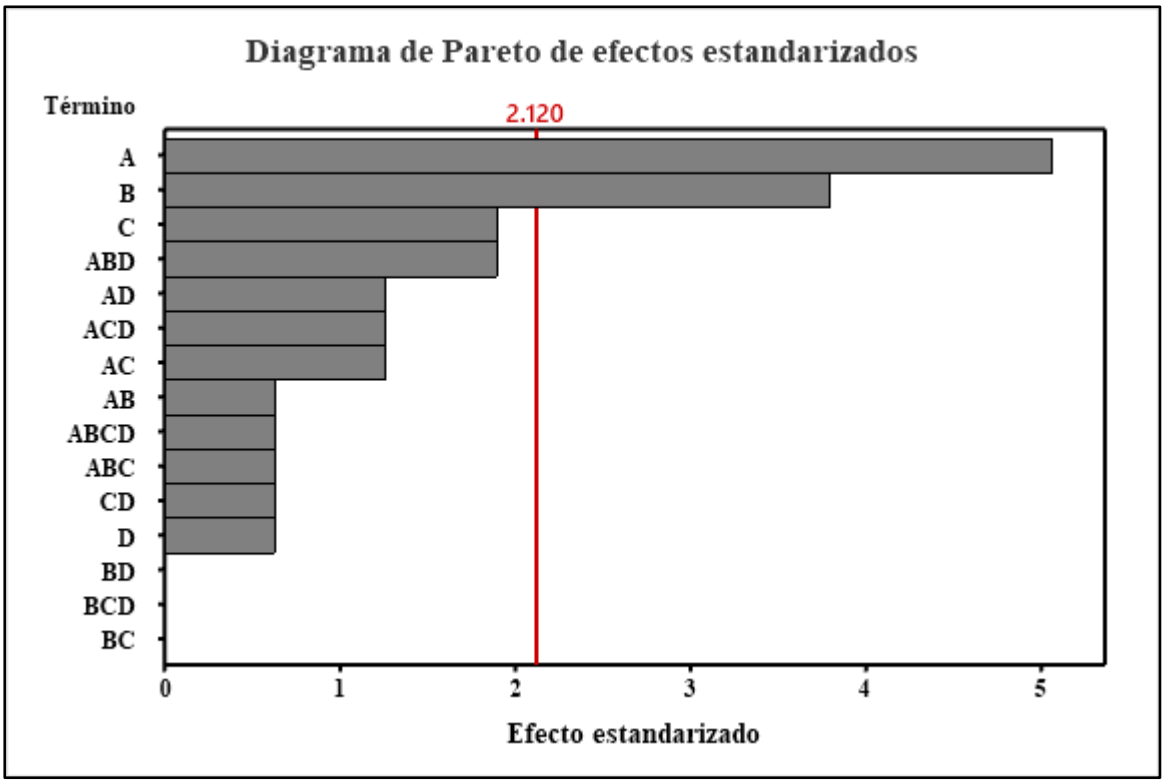
- **H_1**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset muestra efectos relevantes en la solidez de color al lavado en la fibra de alpaca Huacaya.

- **H_0**: El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset no muestra efectos relevantes en la solidez de color al lavado en la fibra de alpaca Huacaya

Tabla 57: *Análisis de varianza de la solidez de color al lavado en fibras con tipo de fuertemente medulada*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	15	4.21875	0.28125	3.60	0.008
Lineal	4	3.43750	0.85937	11.00	0.000
Concentración de colorante(A)	1	2.00000	2.00000	25.60	0.000
Concentración de mordiente(B)	1	1.12500	1.12500	14.40	0.002
Temperatura(C)	1	0.28125	0.28125	3.60	0.076
Tiempo(D)	1	0.03125	0.03125	0.40	0.536
2 términos de interacciones	6	0.31250	0.05208	0.67	0.678
A x B	1	0.03125	0.03125	0.40	0.536
A x C	1	0.12500	0.12500	1.60	0.224
A x D	1	0.12500	0.12500	1.60	0.224
B x C	1	0.00000	0.00000	0.00	1.000
B x D	1	0.00000	0.00000	0.00	1.000
C x D	1	0.03125	0.03125	0.40	0.536
3 términos de interacciones	4	0.43750	0.10937	1.40	0.279
A x B x C	1	0.03125	0.03125	0.40	0.536
A x B x D	1	0.28125	0.28125	3.60	0.076
A x C x D	1	0.12500	0.12500	1.60	0.224
B x C xD	1	0.00000	0.00000	0.00	1.000

4 términos de interacciones	1	0.03125	0.03125	0.40	0.536
A x B x C x D	1	0.03125	0.03125	0.40	0.536
Error	16	1.25000	0.07812		
Total	31	5.46875			
R^2 = 77.14% ; R^2 ajust = 55.71%		Nivel de significancia 5%			



A (concentración de colorante), B (concentración de mordiente), C (temperatura), D (Tiempo)

Figura 72: *Grafica de diagrama de Pareto para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de fuertemente medulada*

La tabla 57 y figura 72 muestra los parámetros de teñido, concentración de colorante(A) influye significativamente con valor P = 0.000 y concentración de mordiente(B) presentan efectos significativos con valor P = 0.002 por tanto, los factores influyen relevantemente en la resistencia del color al lavado, en muestras con tipo de fuertemente medulada. Es decir, que el proceso de fijación del colorante lanaset para obtener solidez del color adecuada, depende principalmente de los factores de teñido concentración de colorante y concentración de mordiente son los factores que facilitan la difusión y fijación de colorante sobre la fibra de alpaca con presencia del tipo de fuertemente medulada.

En cuanto a las demás interacciones de los factores no se encontraron efectos significativos, es decir no afectan en el proceso de coloración de la fibra con presencia del tipo de fuertemente

medulada Por otra parte, se muestra el R^2 = 77.14% y R^2ajus = 55.71%, lo que indica es que los datos se ajustan al modelo lineal y que existe una variabilidad en los datos en la resistencia del color en las muestras de fibra de alpaca huacaya teñida con colorante lanaset con presencia del tipo fuertemente medulada, procedentes del distrito de Macusani.

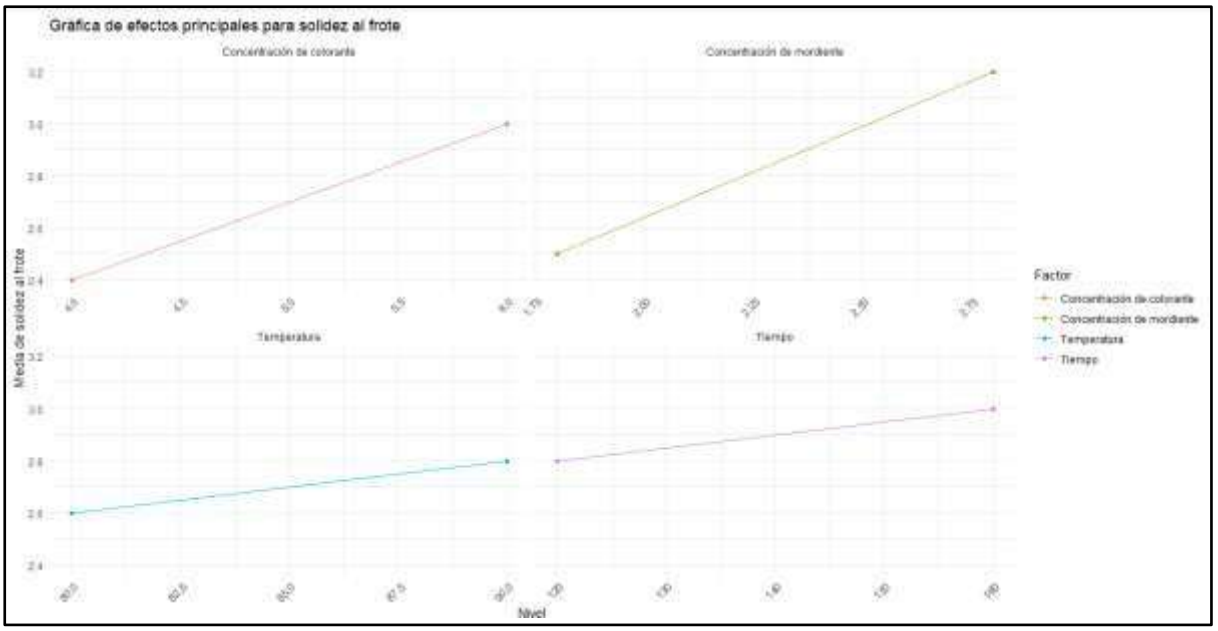


Figura 73: *Grafica de efectos principales de la solidez al lavado en fibras con tipo de fuertemente medulada*

En la figura 73 se observa los efectos de los parámetros de teñidos en fibras con tipo fuertemente medulada, la concentración de colorante de 4 a 6% y la concentración de mordiente de 1.8 a 2.8 g/L tiene mejor influencia en la solidez al lavado, es decir a mayor concentración del colorante y mordiente se obtiene mejores resultados en la solidez, sin embargo los factores, temperatura y tiempo de teñido influyen en la resistencia de color al lavado es decir presentan efectos moderadamente en el proceso de teñido en muestras con tipo de fuertemente medulada

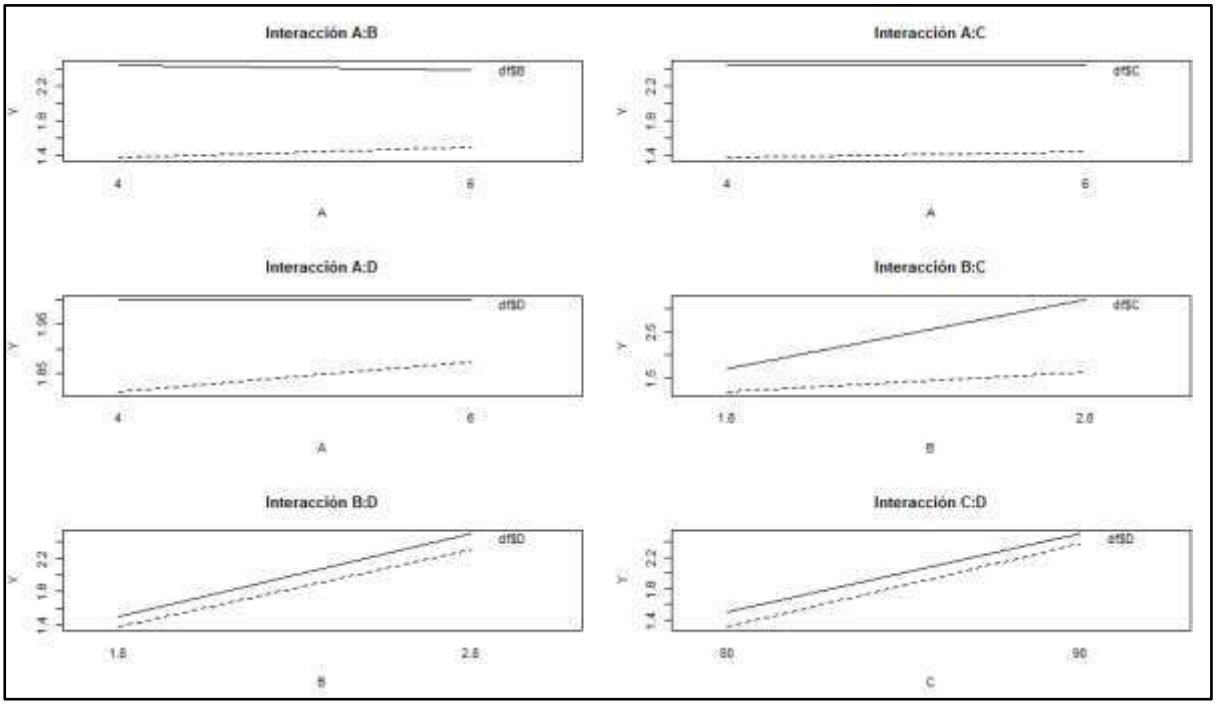


Figura 74: *Grafica de las interacciones para la solidez de color al lavado en fibras con tipo de fuertemente medulada*

En la figura 74 se puede observar la resistencia del color al lavado en el teñido con tipo fuertemente medulada, a mayor concentración del colorante(A), concentración de mordiente(B), temperatura(C) y tiempo(D) tiende a mejorar la solidez al frote, Esto refleja que no solo hay que considerar en el proceso de teñido los efectos principales y las combinaciones de los factores, sino que también se debe considerar la medulación de la fibra antes del proceso de teñido para tener una buena resistencia del color al lavado.

4.3 DISCUSION

En la investigación se estudió las influencias del porcentaje de medulación en teñidos con colorante lanaset para evaluar la solidez al color, por ende los datos obtenidos en el análisis de varianza ANOVA los parámetros de teñido que resultaron significantes son la concentración de colorante(A) en 6%, concentración de mordiente(B) 2.8g/L, y tiempo(D) 160min, según el modelo p=0.000, por tanto se, afirma que la estructura interna de la fibra influye en la solidez de color en sus diferentes grados o tipos. lo cual es coherente con lo señalado por McGregor (2018), las fibras con mayor porcentaje de medulación tienden a tener menor resistencia de color, con apariencia del teñido jaspeada, ya que a mayor incidencia del porcentaje de medulación afectan las propiedades ópticas de la luz, así mismo Balasingam y Mahar (2005), coincide en su conclusión que a mayor porcentaje de medulación se obtendrá defectos notorios en teñidos con colorantes más fuertes de burdeos y verdes azulados. En tal sentido, al analizar

los resultados se confirma que a mayor porcentaje de medulación los grados de solidez disminuyen, sin embargo, es necesario considerar los parámetros de teñido ya mencionados y otros parámetros como el pH.

Se estudio los efectos del tipo de medulación teñidas con colorante Lanaset para evaluar la solidez de color al frote por tanto, para el tipo de medulación fragmentada se obtuvo el grado de solidez de excelente a buena solidez en 5 - 4.5 aplicando los parámetros de teñido que influyen para teñidos de la medulación fragmentada es la concentración de colorante (A) en 6%, concentración de mordiente(B) 2.8g/L, la temperatura(C) de teñido funciona en 80 a 90°C y tiempo(D) se aplica en 120 a 160min; en medulas de tipo discontinua y continua se obtuvieron solidez regular a mala solidez 2 - 3.5, asi mismo los factores de teñidos que influyen en la resistencia de color al frote en muestras con medulación discontinua teñidos con colorante lanaset a mayor concentración de colorante de 6% y más concentración de mordiente en 2.8g/L se obtiene mejor solidez al color por fricción, sin embargo, los factores temperatura y tiempo se aplican en 80°C o 90°C en 120 a 160 min respectivamente; en muestras con medulación continua los factores que ayudan a mejorar la solidez al frote es concentración de mordiente en 2.8g/L y temperatura en 90°C, y el tiempo en 120 a 160 min, sin embargo concentración de colorante es mejor en 4%; finalmente en el tipo fuertemente medula se obtuvieron mala solidez en grado 2 – 3, a si mismo los parámetros que influyen para obtener mejor solidez, concentración de colorante en 4 y 6%, la concentración de mordiente más en 2.8 g/L, influye en la solidez de color al frote, temperatura 80 y 90 °C y tiempo 120 y 160 min medida con la escala de grises según la NTP 231:042:2009, por tanto, Obando, (2013), obtuvo una solidez de color al frote excelente en grado 5, en muestras de fibra de alpaca, considerando la concentración de mordiente en 2 y 4 g/L , tipo de mordiente de cremor de tártaro y alumbre y temperatura en 90°C, lo que concuerda con los resultados obtenidos en fibras con tipo de medulación fragmentada, ya que este tipo de medulación presente menor incidencia del porcentaje de medulación en su estructura interna, por ende mayor resistencia de color a diferencia de los demás tipos de medulación. Por tanto, la estructura interna según su tipo de medulación influye en la solidez de color al frote, ya que a mayor porcentaje de medulación menor resistencia al color.

En la investigación se analizaron los efectos del tipo de medulación teñidas con colorante Lanaset para evaluar la solidez de color al lavado por tanto, para el tipo de medulación fragmentada se obtuvo una buena solidez en grado 4 , considerando los factores de teñido resultaron más influyentes concentración de colorante en 6% y concentración de mordiente

2.8g/L, entonces a mayor concentración mejor solidez al lavado, pero los factores temperatura y tiempo se consideran 80 a 90°C en 120 a 160min, respectivamente; en medulas de tipo discontinua y continua se obtuvieron solideces de regular a mala solidez 2 - 3.5, concentración de colorante en 6% y concentración de mordiente influye para obtener mejor solidez en muestras con tipo de medulación discontinua en 80°C y 120 min; as mismo para la medulación continua el factor concentración de mordiente en 2.8g/L y temperatura en 90°C y los factores concentración de colorante y tiempo se mantienen en 80°C y 120 min; finalmente en el tipo fuertemente medula se obtuvieron mala solidez en grado 2 teniendo en cuenta los parámetros de teñidos, concentración de colorante 6%, concentración de mordiente 2.8 g/L, a temperatura de 80 a 90 °C y tiempo 120 a 160 min medidas con la escala de grises según la NTP 231.008:2015, así mismo Mendoza (2018), la solidez de color al lavado encontró un grado de solidez de 4 calificado como muy buena en muestras de fibra de alpaca con 23 micras considerando la concentración y tipo de mordiente (2 y 4 g/L en alumbre y bicarbonato de sodio), por tanto es coherente con los resultados obtenidos en fibras con tipo de medulación fragmentada con grado de solidez buena, puesto que la estructura medular en fibra con 23 micras tiene similitud con el tipo de medula fragmentada. Esto explica que el porcentaje de medulación en pruebas de solidez de color al lavado para obtener solidez de excelente a buena se debe tener en cuenta los parámetros de teñidos, para todos los casos de tipo de medulación se debe considera mayor concentración de colorante y mordiente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En contraste con el análisis de regresión factorial resulto un valor p=0.000 con significancia del 5 %, entonces, por regla aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula. Concluyendo que en teñido con colorante Lanaset en fibras con presencia del porcentaje de medulación tiene efectos significativos en la solidez de color. Indica que las condiciones experimentales evaluadas: concentración de colorante en 6%, concentración de mordiente 2.8 g/L, temperatura 90°C y tiempo 160 min de teñido influyen de manera directa en la fijación y resistencia del color. En consecuencia, se confirma que el porcentaje de medulación en niveles altos 35% a más del 85% y ejerce una influencia significativa en la solidez del color de la fibra de alpaca huacaya, provenientes del distrito de Macusani.

De acuerdo al análisis de regresión factorial de los tipos de medulación fragmentada se obtuvo un p = 0.000, discontinua se obtuvo un p = 0.001, continua se obtuvo un p = 0.000 y fuertemente medulada se obtuvo un p = 0.007, en todos los casos el modelo experimental inferior del 0.05 de significancia, por tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula. En consecuencia, se concluye que en teñidos con colorante Lanaset los tipos de medulación tienen influencia significativa en la fijación y estabilidad de la solidez de color al frote en fibra de alpaca huacaya procedente del distrito de Macusani. Teniendo en cuenta los parámetros de teñido, concentración de colorante en 6%, concentración de mordiente 2.8g/L temperatura 90°C y tiempo 160min, ya que en fibras con algún tipo de medulación se adhiere mejor por ende más probabilidad de tener mejor solidez de color. En síntesis, el incremento del porcentaje de medulación, disminuye la resistencia de color en la solidez al frote, así mismo los parámetros de teñido que influyen la concentración de colorante, concentración de mordiente, temperatura y tiempo, en cada tipo de medulación su comportamiento es diferente. Por ende, para obtener resultados óptimos en la solidez al frote es importante evaluar la estructura interna de la fibra y los factores de teñido

De acuerdo al análisis de regresión factorial de los tipos de medulación fragmentada, discontinua, continua se obtuvo un p = 0.000 y fuertemente medulada se obtuvo un p = 0.008, en todos los casos el modelo experimental inferior del 0.05 significancia, por tanto, es aceptada la hipótesis alterna. Se considera los parámetros más relevantes en la resistencia de color al lavado concentración de colorante 6% y concentración de mordiente 2.8g/L, manteniendo la temperatura de 80 entre 90°C en un tiempo de 120 entre 160min, para obtener mejores grados de solideces. Por tanto, se concluye que en teñidos con colorante Lanaset los tipos de medulación tienen influencia significativa en la fijación del color para la solidez al lavado en fibra de alpaca huacaya procedente del distrito de Macusani. En conjunto los resultados obtenidos el incremento del porcentaje de medulación, disminuye la resistencia de color en la solidez al frote, así mismo los parámetros de teñido que influyen la concentración de colorante, concentración de mordiente, temperatura y tiempo, en cada tipo de medulación su comportamiento es diferente. Por ende, para obtener resultados óptimos en la solidez al frote es importante evaluar la estructura interna de la fibra y los factores de teñido

5.2 RECOMENDACIONES

Asimismo, se recomienda realizar investigaciones futuras que profundicen en la relación entre la medulación y la solidez del color, incluyendo estudios sobre edad, sexo y ubicación geográfica de las alpacas, así como análisis de la interacción entre medulación, finura de fibra y concentración de colorante, y la eficacia de diferentes tipos de colorantes y mordientes. Estas investigaciones permitirán establecer protocolos de teñido específicos según las características de la fibra, contribuyendo a mejorar la eficiencia, reducir desperdicios y garantizar productos textiles de alta calidad.

Se sugiere ajustar la concentración de colorante en 6%, concentración de mordiente 2.8g/L, temperatura 90°c y tiempo 160 min en el tipo de medulación fragmentada para la resistencia de color al frote sin embargo para el lavado se sugiere ajustar la concentración de colorante en 6% y mordiente en 2.8g/L.

Para el tipo de medulación discontinua se recomienda priorizar el uso de mayor concentración de colorante en 6% y mordiente 2.8g/L manteniendo en la temperatura y tiempo en 80°C en 120 min tanto para la solidez de color al frote y lavado.

En muestras con medulación continua se recomienda ajustar la concentración de mordiente y temperatura en 2.8g/L a 90°C y mantener la concentración de colorante en 4% en 6% y el factor

tiempo 120 a 160 min, ya que a más concentración de mordiente y temperatura garantiza mejor adherencia del colorante en fibras con tipo de medulación continua.

Para fibras con tipo fuertemente medulada, se recomienda priorizar la concentración de colorante, mordiente temperatura y tiempo en 6%, 2.8g/L, 90°C y 160 min, ya que este tipo de medulación posea más porcentaje de medulación en su estructura interna por ende se recomienda ajustar más concentración de colorante y mordiente con mayores grados de temperatura y tiempos prolongados.

Se recomienda priorizar el uso de fibras con medulación fragmentada, continua o discontinua en los procesos de teñido de fibra de alpaca Huacaya, ya que estas presentan una mayor resistencia y solidez al frote, mejorando la calidad del teñido y fortaleciendo la colaboración entre criadores e industria textil, lo que garantiza una cadena productiva más eficiente y competitiva.

Por último, se sugiere desarrollar programas de capacitación para criadores y operadores textiles, enfocados en la importancia del tipo de medulación y su influencia en la solidez del color, así como evaluar la incidencia de la medulación en otras propiedades textiles como suavidad, resistencia y durabilidad. De igual manera, se recomienda validar los hallazgos en procesos de teñido a escala industrial, asegurando que los resultados obtenidos en laboratorio sean aplicables en la práctica y contribuyan a una industria textil más competitiva y sostenible.

REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS

Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles AATCC. (2022). *Solidez del color al crocking Crockmeter.* Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles.

Anuka. (2018). *Auxiliares de tintura*. Mexico.: Recuperado de https://anuka.com.mx/auxiliares_tintura_lana.html.

Arias, F. (2012). *El Proyecto de investigación Introducción a la metodología científica*. Caracas, Venezuela.

Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas Textiles ATCC. (2014). *Solidez al frote en húmedo y seco*. Recuperado de www.contracttextiles.org.

Balasingam, A., y Mahar, T. (2005). Determination of the Contaminant Threshold level for Medullated Fibres in Merino Wool Fabrics. *Intenational Wool Textile Organisation.* 1 – 18.

Balasingam, A., (2005). Las definiciones de los valores de umbral de la medulacion utilizados por diferentes métodos de prueba para definir una objetable fibra medular en lana merino. *Australian wool another innovation limited.* 3 - 9

Barreda, A. (2020). *Características textiles y estructura medular de la fibra de alpaca huacaya de la provincia de Huancané 2019* (tesis de pregrado). Universidad Nacional e Juliaca. Recuperado de http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/handle/UNAJ/119.

Barreda, G. (2022). *Mejora de la productividad en el proceso de teñido textil, aplicando un modelo de gestión de calidad* (tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos 38-41. Recuperado de https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.06.

Bernal, T. (2016). *Metodología de la Investigación*. Colombia. 4ta edición: Editorial Geminis

Bişgin, A., Yavuz S., Mustafa U., y Ibrahim N. (2016). Simultaneous spectrophotometric determination and column solid-phase extraction of two Lanaset textile dyes in environmental water samples. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 38, 92 - 186. doi: 10.1016/j.jiec.2016.04.022.

Cabo, S. (2015). *Estudio experimental de tintura de tejidos sintéticos para la preparación de muestras de referencia memoria presentada por* (tesis de maestria). Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/59952/.

Castillo, Y., y Guevara, G. (2022). Teñido con tinte natural de frejol negro (phaseolus vulgaris) y su solidez del color a la luz solar en hilado de alpaca. *Revista de innovacion y transferencia productiva* 3(2). doi:https://doi.org/10.54353/ritp.v3i2.e006.

Cegarra, J. (1980). *Fundamentos cientificos y aplicados de la tintura de materiales textiles.* Barcelona, España: Editorial Romargraf

CENAGRO. (2012). *Sistema de consulta de datos*. Recuperado de www.inei.gob.pe.

Cucho, S. (2023). *Características textiles de la fibra de alpaca huacaya del plantel de la empresa Michell - malkini – Azángaro* (tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplno. Recuperado https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19748.

De La Cruz, G. (2015). *Tratamiento previo a la tintura, para estabilizar el elastano y evitar quiebres en la tela de punto (91%) algodón-(9%) elastano mediante proceso húmedo* (tesis de pregrado). Universidad Tecnica del Norte.

Frank, E., Hick, M., Molina, M., y Caruso, L. (2011). Genetic parameters for fleece weight and fibre attributes in Argentinean Llamas reared outside the Altiplano. *Small Ruminant Research* 99(1), 54-60. doi:10.1016/j.smallrumres.2011.03.048.

Fiberstech NTF. (2021). *Características del Modulómetro*. Recuperado de https://fiberstech.com/medulometro/.

Goltech Solutions. (2024). *Cabina de luz T60*. Lima, Peru.: Recuperdo de https://goltech.net/producto/cabina-de-luz-t60-5-tilo/.

Gonzalez, V. (2021). *Perú textiles en cifras*. Textiles americanos

Guillen, P. (2019). *Variación en el diámetro de fibra por efecto de la medulación en vellones finos de alpacas huacayas de diferentes edades* (tesis de grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/.

Gutierrez, C. (2021). *Depuración de soluciones sintéticas utilizadas en teñido textil artesanal mediante el proceo foto-fenton solar en Ayacucho* (tesis de maestría). Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. Recuperado de https://repositorio.unsch.edu.pe

Gutierrez, P., y Salazar R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. México, tercera edicion: McGrawHill Education

Hernandez, S, Collado F, y Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico, sexta edición: McGrawHill Education. Recuperado de www.jamespoetrodriguez.com.

Huntsman, E. (2017). *Efectos textiles Lanaset®*. Recuperado de https://www.textile-dyes.co.uk/.

Kajiwara, K., y Ohta, Y. (2009). Synthetic textile fibers: Structure, characteristics and identification. *Identification of Textile Fibers*. Pp. 68-87

Kuźnicka, E., Katarzyna S., Radzik-Rant, A., y Witold, R. (2024). Influence of colour and age on the thickness and medullation characteristics of wool Huacaya alpacas maintained in Poland. *Archives Animal Breeding* 67(3):401-7. doi:10.5194/aab-67-401-2024.

Lockuán, F. (2013). *Fibras textiles*. Recuperado de http://fidel-lockuan.webs.com .

Lockuan, F. (2012). *Tintorería*. Recuperado de http://fidel-lockuan.webs.com

Lopez, U. (2021). Diseño factorial 2^4. *Rpubs*. Recuperado de http://rpubs.com/fer_12lu/820717.

Luo, Y., Zaisheng, C., Liujun, P., y Jiping, W. (2023). Low temperature non-aqueous dyeing of wool fiber with reactive dyes: A sustainable and eco-friendly method. *Journal of Cleaner Production* 432:139803. doi:10.1016/j.jclepro.2023.139803.

Lupton, J., McColl, A., y Stobart, R. (2006). Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Ruminant Research* 64(3):211-24. doi:10.1016/j.smallrumres.2005.04.023.

Luque, J., Cristina M., Medrano, J., Carrasco, B., y Hernández, G. (2025). Optimization of Process of Dyeing Alpaca Yarn Using Indigo Carmine. *Fibers* 13(6):82. doi:10.3390/fib13060082.

Mabuza, L., Sonnenberg, N., y Pienaar, N. (2023). Natural versus synthetic dyes: Consumers' understanding of apparel coloration and their willingness to adopt sustainable alternatives. *Resources, Conservation and Recycling Advances* 18. doi:10.1016/j.rcradv.2023.200146.

Marcano, D. 2018. *Introducción a la Química de los Colorantes*. Colección Divulgación Científica y Tecnológica. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, Venezuela. 254 p.

McGregor, B. (2018). Physical, chemical, and tensile properties of cashmere, mohair, alpaca, and other rare animal fiber. *Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres*. Pp. 105-36

Mendoza, H. (2018). *Evaluacion del tipo y cantidad de mordiente en la intensidad de color y solidez al lavado del teñido de fibra de alpaca (Vicugna pacos) con aliso (Alnus acuminata H.B.K)* (tesis de pregrado). Recuperado de https://apirepositorio.unh.edu.pe/.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego MINAGRI. (2022). *87% de la población mundial de alpacas se encuentra en el Perú.*

Miranda, R. (2022). *Efectos del diámetro medular en el teñido en fibras de alpaca huacaya* (tesis de maestría). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Recuperado de https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3290606.

Montgomery, D. (2004). *Diseño y Analisis de Experimentos.* Universidad Estatal de Arizona. segunda edición.

NTP 231.301:2022. (2022). *Fibra de alpaca clasificada. Definiciones, clasificación por grupos de calidad, requisitos y rotulado.* Instituto Nacional de Calidad INACAL

NTP 231.042:2009. (2009). *Ensayos de solidez del color. Solidez del color al frote*. Instituto Nacional de Calidad INACAL Recuperado de https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:.

NTP 231.005:2014. (2019). *Escala de grises para cambio de color*. 3 Edición. Instituto Nacional de Calidad INACAL

NTP 231.004:2014. (2019). *Escala de grises para transferencia de color (manchado).* 3 Edición. Instituto Nacional de Calidad INACAL

NTP 231.008:2015. (2022). *Método acelerado de ensayo de solidez del color al lavado*. 3 Edición. Instituto Nacional de Calidad INACAL

Ñaupas, H., Paitán M., Valdivia, R., Dueñas J., Palacios, L., Vilela, H., y Romero, D. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Boogota. Recuperado de www.edicionesdelau.com.

Obando, B., Ruiz, M., Cabrera, B., Aliaga, G., Quispe, B., y Quispe, P. (2021). Evaluation of wool and luxury fiber medullation of some animal species. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru* 32(5). doi:10.15381/rivep.v32i5.17639.

Ocampo, D., Salet, S. (2019). *Optimización del proceso de teñido reactivo de tejidos de algodón sin afectar la apariencia y la solidez al lavado, en el área de tintorería de una empresa textil localizada en Lima-Perú* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. https://core.ac.uk/download/pdf/323348197.pdf.

Ormachea, E., Bilo C., y Olarte, U. (2015). Características textiles de la fibra en alpacas huacaya de Distrito de Corani, Carabaya, Puno. *Revista de investigación Altoandina* 17. doi:http://dx.doi.org/10.1827/ria.2015.115.

Ospina, I. (2020). *Ficha técnica - acido acético*. Recuperado de Colombia. www.dqisa.com.

Ospina, I. (2020). *Ficha técnica - sal textil*. Recuperado de Colombia. www.dqisa.com.

Ospina, I. (2020). *Ficha técnica- acetato de sodio*. Recuperado de Colombia. www.dqisa.com.

Palacios, O., Guillén, S., y Siddons, D. (2021). Evaluación de la solidez del color en tejidos de lana y alpaca tinturados con biocolorantes extraídos de plantas y animales. *Siembra* 8(2),e2917. doi:10.29166/siembra.v8i2.2917.

Parton, K. (2002). Practical wool dyeing. *Wool*. Pp. 237-57

Peñafiel, S. (2011). *Influencia del suavizado con bases de ácidos grasos en el cambio de matiz en tejidos algodón 100% tinturados con colorantes reactivos de baja reactividad*. Recuperado de http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/631.

Pinares, R., Gutiérrez, A., Cruz, A., Burgos, A., y Gutiérrez, J. (2019). Phenotypic variability of percentage of medullated fibers in Huacaya alpaca fleece. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru* 30(2),699-708. doi:10.15381/rivep.v30i2.16098.

Pinares, R., Gutiérrez, A., Cruz, A., Burgos, A., y Gutiérrez, J. (2018). Heritability of individual fiber medullation in Peruvian alpacas. *Small Ruminant Research* 165,93-100. doi:10.1016/j.smallrumres.2018.04.007.

Ponce de Leon, Caceres., y Valdivia, C. (2014). *Optimización de los parámetros para la curva de teñido con colorantes ácidos, reactivos y complejo metálico en fibra de alpaca* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Recuperado de http://repositorio.unsa.edu.pe/.

Quintanilla, T. (2020). *Tasa de medulación de fibra de alpaca (vicugna pacos) mediante la comparación del medulometro y el OFDA 100* (tesis de maestría). Universidad Catolica de Santa Maria. Recuperado de https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/.

Quispe, E., Rodríguez, T., Iñiguez, L., y Mueller, J. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Animal Genetic Resources Information* 45,1-14. doi:10.1017/s1014233909990277.

Quispe, E., Quispe, M., Quispe, C., Poma, A., Paucar C., Cruz, A., Bruce, A., y McGregor. (2023). Relationships between the incidence and degree of medullation with the diameter of alpaca fibers evaluated using a novel device based on artificial intelligence. *The Journal of The Textile Institute* 114(7),1016-31. doi:10.1080/00405000.2022.2105110.

Quispe, D., Quispe, C., Serrano A., Trigo, J., Bengoechea, J., y Quispe, E. (2023). Development and validation of a smart system for medullation and diameter assessment of alpaca, llama and mohair fibres. *Animal* 17(5). doi:10.1016/j.animal.2023.100800.

Quispe, Edgar., Gutiérrez, P., y Purroy, U. (2013). Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza huacaya. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* 7(1). doi:10.5209/rev_rccv.2013.v7.n1.41413.

Radzik, A., Małgorzata, W., y Witold, R. (2021). Variation in wool characteristics across the body in a herd of alpacas kept in Poland. *Animals* 11(10). doi:10.3390/ani11102939.

Raggi, S. (2015). *Enfoque de la industria pecuaria para la adición de controles de calidad y obtención de fibras de alta calidad junto a procesos textiles para mercados internacionales*. Universidad de Chile. Recuperado de https://docplayer.es/54558973-La-fibra-y-los-controles-de-calidad.html.

Ramos, G. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica* 10(1),1-7. doi:10.33210/ca.v10i1.356.

Ramírez, A., y del Pilar, C. (2014). *Guía para tinturar lana con tintes industriales para artesanos de los municipios de Sutatausa, Tausa, Ubate, Fuquene, Sesquile y Villapinzon*. Recuperado de https://cendar-repositorio.metabiblioteca.org/handle/001/3742

Rojas, R., y Ordinola, E. (2019). *Aplicación de Fluido Supercrítico de CO2 en Teñido de Fibras Textiles para la disminución de Consumo de H2O* (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de https://hdl.handle.net/20.500.12692/40254.

Saldaña, P. (2017). *Categorización, clasificación y procesamiento industrial de la fibra de alpaca* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina Lima. Recuperado de https://hdl.handle.net/20.500.12996/3428.

Santos, F., y Maier, M. (2013). Química y color en los textiles. *Talleres de ciencia química y color en los textiles*.

Saxena, S., y Raja, M. (2014). Natural Dyes: Sources, Chemistry, Application and Sustainability Issues. *Ciencia textil y tecnología de la confección* Pp. 37-80. doi:10.1007/978-981-287-065-0_2.

Sinclair, R. (2015). *Understanding Textile Fibres and Their Properties: What is a Textile Fibre* doi:https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-931-4.00001-5.

Sucasaca, Q. (2022). *Efectos del colorante natural inflorescencia de colli(buddleja coriace) en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca, puno 2021* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

Tapia, P. (2023). *Evaluacion de la fibra de alpaca (Lama pacos) teñido con colorantes del tallo de tankar (Berberis boliviana) a distintos mordientes y parametros* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac.

Terroba, J. (1994). Utilización de fibra de alpaca. Recuperado de https://hdl.handle.net/20.500.14001/27220.

Textilinca. (2022). Crece exportación de fibra de alpaca a Italia. Recuperado de https://textilinca.com/.

Tiendamicroscopios. (2024). Aceite de inmersión. Recuperado de https://www.tiendamicroscopios.com/.

Torres, Z., y Sardon, L. (2010). *Desarrollo de competencias en buenas prácticas de esquila y valor agregado de la fibra de alpaca*. Programa Regional Sur - descosur

Tridico, S. (2009). Natural animal textile fibres: structure, characteristics and identification. *Max M. Houck, In Woodhead Publishing Series in Textiles, Identification of Textile Fibers* 27-26. doi:https://doi.org/10.1533/9781845695651.1.27.

Watt, J. s. f. Alpaca Fiber - An Intruduction. *Morro Bay*

Zaruma, A., Najera, B., Chaires, H., y Ayala, S. (2018). Los colorantes textiles industriales y tratamientos optimos de sus efluentes de agua residual. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*

Zúñiga, P. (2007). *Tintura de fibras de alpaca y su cinética con colorantes ácidos* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingenieria

ANEXOS

Anexo 1: *Matriz de consistencia*

<table>
<tr><td colspan="8">TITULO: EFECTO DEL PORCENTAJE DE MEDULACIÓN EN LA SOLIDEZ AL COLOR DE FIBRA DE ALPACA HUACAYA, DEL DISTRITO DE MACUSANI, CARABAYA-2024</td></tr>
<tr><td>PROBLEMAS</td><td>OBJETIVO</td><td>HIPOTESIS</td><td>VARIABLES</td><td>DIMENSIONES</td><td>INDICADORES</td><td>Índice</td><td>METODOLOGIA</td></tr>
<tr><td rowspan="6">PROBLEMA GENERAL
¿Cuáles son los efectos del porcentaje de medulación en la solidez de color de la fibra de alpaca Huacaya, del Distrito de Macusani -2024?

PROBLEMAS ESPECIFICOS
- ¿Cuáles son los efectos del tipo de medulación</td><td rowspan="6">OBJETIVO GENERAL
Determinar los efectos del porcentaje de medulación en la solidez al color de fibra de alpaca Huacaya, del Distrito de Macusani - 2024
OBJETIVOS ESPECIFICOS
- Determinar los efectos del tipo de medulación en teñidos con colorante</td><td rowspan="6">HIPOTESIS GENERAL
El porcentaje de medulación tiene efectos significantes en la solidez de color en la fibra de alpaca Huacaya, Distrito de Macusani -2024
HIPOTESIS ESPECIFICO
- El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset tiene efectos</td><td rowspan="6">VARIABLE INDEPENDIENTE
Porcentaje de medulación</td><td rowspan="2">Concentración de colorante lanaset</td><td>Concentración de colorante Lanaset, en función a gramos de fibra alpaca 1g/4%</td><td>4 %</td><td rowspan="6">Tipo Experimental Nivel de investigación: Aplicativo

Enfoque de la investigación: Cuantitativo

Diseño: Diseño experimental

Población: Alpaca raza Huacaya de 4 años de edad</td></tr>
<tr><td>Concentración de colorante Lanaset, en función a gramos de fibra alpaca 1g/6%</td><td>6%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Concentración de Mordiente</td><td rowspan="2">Gramos de mordiente en función al volumen de baño de teñido</td><td>1.8 g</td></tr>
<tr><td>2.8 g</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Temperatura</td><td rowspan="2">Grados centrifugados del teñido</td><td>90°C</td></tr>
<tr><td>80°C</td></tr>
</table>

en teñidos con colorante Lanaset en la solidez de color al frote en fibra de alpaca Huacaya? - ¿Cuáles son los efectos del tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset en la solidez de color al lavado en teñidos de fibra de alpaca Huacaya?	Lanaset en la solidez de color al frote en fibra de alpaca Huacaya - Examinar los efectos del tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset en la solidez de color al lavado en teñidos de fibra de alpaca Huacaya	significativos en la solidez de color al frote en fibra de alpaca Huacaya. - El tipo de medulación en teñidos con colorante Lanaset tiene efectos significativos en la solidez de color al Lavado de fibra de alpaca Huacaya		Tiempo	Duración del teñido en minutos	120 min 160 min	(BLL) machos **Muestra:** 3 gramos de fibra de alpaca de 4 años de edad (BLL)
			VARIABLE DEPENDIENTE Solidez al Color	Solidez al frote	Grado de perdida y cambio de color	Escala de grises	
				Solidez al lavado	Grado de degradación del color	Escala de grises	

Anexo 2: *Constancia del Centro de Innovación Productiva y Transparencia Tecnológica – CITE Textil Camélidos Cusco*



CONSTANCIA

El CITE Textil Camélidos Cusco, del Instituto Tecnológico de la Producción, otorga la presente constancia a:

JACKELIN GOMEL CCARI

Por llevar a cabo el proceso experimental de su investigación denominada "efectos del porcentaje de medulación en la solidez al color de fibra de alpaca huacaya del Distrito de Macusani, Carabaya – 2024". Se llevo a cabo los ensayos de teñido y prueba de solidez al color al frote y lavado.

Cusco, 28 de octubre de 2025

Director del CITE Textil Camélidos Cusco

CITEtextil camélidos Cusco

Anexo 3: *Ficha de registro de resultados del porcentaje de medulación*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

INGENIERIA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

FICHA DE REGISTRO DE RESULTADOS DEL MEDULOMETRO

Provincia : Carabaya

Distrito : Macusani

Tesista : Bach. Jackelin Gomel Ccari

RESULTADO DE ANALISIS DE MEDULACION

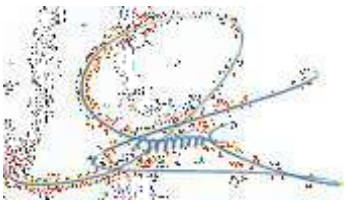
ID	Código de muestra	Raza	Sexo	Edad	% de medulación	Clasificación
1	017	Huacaya	Macho	BLL	89.57	Fuertemente medulada
2	63761	Huacaya	Macho	BLL	87.44	Fuertemente medulada
3	0651	Huacaya	Macho	BLL	96.82	Fuertemente medulada
4	2208	Huacaya	Macho	BLL	92.20	Fuertemente medulada
5	0743	Huacaya	Macho	BLL	96.82	Fuertemente medulada
6	2580	Huacaya	Macho	BLL	93.59	Fuertemente medulada
7	1824	Huacaya	Macho	BLL	85.31	Fuertemente medulada
8	0069	Huacaya	Macho	BLL	87.44	Fuertemente medulada
9	6510	Huacaya	Macho	BLL	89.57	Fuertemente medulada
10	63779	Huacaya	Macho	BLL	88.29	Fuertemente medulada
11	63739	Huacaya	Macho	BLL	89.63	Fuertemente medulada
12	63798	Huacaya	Macho	BLL	92.26	Fuertemente medulada
13	2208	Huacaya	Macho	BLL	88.65	Fuertemente medulada
14	0743	Huacaya	Macho	BLL	86.35	Fuertemente medulada
15	2580	Huacaya	Macho	BLL	85.78	Fuertemente medulada
16	1824	Huacaya	Macho	BLL	97.13	Fuertemente medulada
17	036	Huacaya	Macho	BLL	49.91	Medula continua
18	008	Huacaya	Macho	BLL	54.70	Medula continua
19	129	Huacaya	Macho	BLL	62.90	Medula continua
20	025	Huacaya	Macho	BLL	54.59	Medula continua
21	250	Huacaya	Macho	BLL	47.23	Medula continua
22	115	Huacaya	Macho	BLL	41.59	Medula continua
23	35546	Huacaya	Macho	BLL	32.81	Medula continua
24	111	Huacaya	Macho	BLL	44.80	Medula continua
25	717	Huacaya	Macho	BLL	43.52	Medula continua

26	5147	Huacaya	Macho	BLL	38.06	Medula continua
27	129	Huacaya	Macho	BLL	54.70	Medula continua
28	1234	Huacaya	Macho	BLL	33.55	Medula continua
29	109	Huacaya	Macho	BLL	39.24	Medula continua
30	118	Huacaya	Macho	BLL	39.65	Medula continua
31	104	Huacaya	Macho	BLL	59.08	Medula continua
32	153-23	Huacaya	Macho	BLL	42.41	Medula continua
33	1848	Huacaya	Macho	BLL	72.45	Medula discontinua
34	1833	Huacaya	Macho	BLL	72.24	Medula discontinua
35	69	Huacaya	Macho	BLL	76.31	Medula discontinua
36	1824	Huacaya	Macho	BLL	77.81	Medula discontinua
37	059	Huacaya	Macho	BLL	65.32	Medula discontinua
38	2185	Huacaya	Macho	BLL	62.18	Medula discontinua
39	051-23	Huacaya	Macho	BLL	65.32	Medula discontinua
40	0073	Huacaya	Macho	BLL	72.55	Medula discontinua
41	209-23	Huacaya	Macho	BLL	62.38	Medula discontinua
42	4079	Huacaya	Macho	BLL	74.08	Medula discontinua
43	S/A_2	Huacaya	Macho	BLL	62.96	Medula discontinua
44	181	Huacaya	Macho	BLL	76.20	Medula discontinua
45	00301-23	Huacaya	Macho	BLL	63.68	Medula discontinua
46	381-22	Huacaya	Macho	BLL	71.95	Medula discontinua
47	S/A_24	Huacaya	Macho	BLL	80.71	Medula discontinua
48	365-22	Huacaya	Macho	BLL	77.81	Medula discontinua
49	1.56E+22	Huacaya	Macho	BLL	39.24	Medula fragmentada
50	2580	Huacaya	Macho	BLL	41.50	Medula fragmentada
51	1825	Huacaya	Macho	BLL	24.99	Medula fragmentada
52	1881	Huacaya	Macho	BLL	40.27	Medula fragmentada
53	2084	Huacaya	Macho	BLL	30.51	Medula fragmentada
54	1841	Huacaya	Macho	BLL	31.11	Medula fragmentada
55	2091	Huacaya	Macho	BLL	20.70	Medula fragmentada
56	63760	Huacaya	Macho	BLL	26.86	Medula fragmentada
57	63735	Huacaya	Macho	BLL	27.17	Medula fragmentada
58	1873	Huacaya	Macho	BLL	25.76	Medula fragmentada
59	2084	Huacaya	Macho	BLL	17.85	Medula fragmentada
60	1841	Huacaya	Macho	BLL	30.54	Medula fragmentada
61	2091	Huacaya	Macho	BLL	23.79	Medula fragmentada
62	63760	Huacaya	Macho	BLL	23.54	Medula fragmentada
63	248-23	Huacaya	Macho	BLL	29.37	Medula fragmentada

64	00431-23	Huacaya	Macho	BLL	20.49	Medula fragmentada

Juliaca, 20 de mayo del 2024





Ing. Percy W. Mamani Mamani
Especialista de fibras EPITYC

Dr. Dominga Micaela Cano Ccoa
Asesor

Anexo 4: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación fuertemente medulada*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA DE OBSERVACION DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td>Lugar de ejecución</td><td>:</td><td colspan="2">CITEtextil camélidos - Cusco</td></tr>
<tr><td>Laboratorio</td><td>:</td><td colspan="2">Tintoreria y procesos humedos</td></tr>
<tr><td>Tesista</td><td>:</td><td colspan="2">Bach. Jackelin Gomel Ccari</td></tr>
<tr><td colspan="4">FICHA DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tipo de medulación</td><td rowspan="2">Fuertemente medulada</td><td colspan="2">Muestra del teñido</td></tr>
<tr><td>Replica 1</td><td>Replica 2</td></tr>
<tr><td>Material</td><td>Fibra de alpaca</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>Peso (gr)</td><td>3.23</td></tr>
<tr><td>Relación de baño</td><td>1:30</td></tr>
<tr><td>Volumen de agua</td><td>96.9</td></tr>
<tr><td colspan="2">PROCESO</td></tr>
<tr><td>Colorante (g) 4%</td><td>0.13</td><td rowspan="5" colspan="2">LABORATORIO TEXTIL
</td></tr>
<tr><td>Igualante(g/l)</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td>Mordiente(g)</td><td>0.09</td></tr>
<tr><td>Fijador(g/L)</td><td>0.32</td></tr>
<tr><td>Acido(g/L)</td><td>0.6</td></tr>
<tr><td>Temperatura(°C)</td><td>80/90</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Tiempo(min)</td><td>120/160</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Anexo 5: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación fuertemente medulada*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA DE OBSERVACION DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE AL</td></tr>
<tr><td>Lugar de ejecución</td><td>:</td><td colspan="2">CITEtextil camélidos - Cusco</td></tr>
<tr><td>Laboratorio</td><td>:</td><td colspan="2">Tintoreria y procesos humedos</td></tr>
<tr><td>Tesista</td><td>:</td><td colspan="2">Bach. Jackelin Gomel Ccari</td></tr>
<tr><td colspan="4">FICHA DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tipo de medulación</td><td rowspan="2">Fuertemente medulada</td><td colspan="2">Muestra del teñido</td></tr>
<tr><td>Replica 1</td><td>Replica 2</td></tr>
<tr><td>Material</td><td>Fibra de alpaca</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>Peso (gr)</td><td>3.23</td></tr>
<tr><td>Relacion de baño</td><td>1:30</td></tr>
<tr><td>Volumen de agua (ml)</td><td>96.9</td></tr>
<tr><td colspan="2">PROCESO</td></tr>
<tr><td>Colorante (g)/ 6%</td><td>0.19</td><td rowspan="5" colspan="2">LABORATORIO TEXTIL
</td></tr>
<tr><td>Igualante(g/l)</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td>C. Mordiente(g)</td><td>0.09</td></tr>
<tr><td>Fijador(g/L)</td><td>0.32</td></tr>
<tr><td>Acido(g/L)</td><td>0.6</td></tr>
<tr><td>Temperatura(°C)</td><td>80/90</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Tiempo(min)</td><td>120/160</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Anexo 6: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación continua*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA DE OBSERVACION DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td>Lugar de ejecución</td><td>:</td><td colspan="2">CITEtextil camélidos - Cusco</td></tr>
<tr><td>Laboratorio</td><td>:</td><td colspan="2">Tintoreria y procesos humedos</td></tr>
<tr><td>Tesista</td><td>:</td><td colspan="2">Bach. Jackelin Gomel Ccari</td></tr>
<tr><td colspan="4">FICHA DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tipo de medulación</td><td rowspan="2">Medula Continua</td><td colspan="2">Muestra del teñido</td></tr>
<tr><td>Replica 1</td><td>Replica 2</td></tr>
<tr><td>Material</td><td>Fibra de alpaca</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>Peso (gr)</td><td>3.23</td></tr>
<tr><td>Relacion de baño</td><td>1:30</td></tr>
<tr><td>Volumen de agua</td><td>96.9</td></tr>
<tr><td colspan="2">PROCESO</td></tr>
<tr><td>Colorante (g)/ 4GN(4%)</td><td>0.13</td><td rowspan="5" colspan="2">LABORATORIO TEXTIL
</td></tr>
<tr><td>Igualante(g/l)</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td>Mordiente(g)</td><td>0.06</td></tr>
<tr><td>Fijador(g/L)</td><td>0.32</td></tr>
<tr><td>Acido(g/L)</td><td>0.6</td></tr>
<tr><td>Temperatura(°C)</td><td>80/90</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Tiempo(min)</td><td>120/160</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Anexo 7: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación continua*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA DE OBSERVACION DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE AL</td></tr>
<tr><td>Lugar de ejecución</td><td>:</td><td colspan="2">CITEtextil camélidos - Cusco</td></tr>
<tr><td>Laboratorio</td><td>:</td><td colspan="2">Tintorería y procesos húmedos</td></tr>
<tr><td>Tesista</td><td>:</td><td colspan="2">Bach. Jackelin Gomel Ccari</td></tr>
<tr><td colspan="4">FICHA DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tipo de medulación</td><td rowspan="2">Medula Continua</td><td colspan="2">Muestra del teñido</td></tr>
<tr><td>Replica 1</td><td>Replica 2</td></tr>
<tr><td>Material</td><td>Fibra de alpaca</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>Peso (gr)</td><td>3.23</td></tr>
<tr><td>Relacion de baño</td><td>1:30</td></tr>
<tr><td>Volumen de agua</td><td>96.9</td></tr>
<tr><td colspan="2">PROCESO</td></tr>
<tr><td>Colorante (g)/ B(6%)</td><td>0.19</td><td rowspan="6" colspan="2">LABORATORIO TEXTIL
</td></tr>
<tr><td>Igualante(g/l)</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td>Mordiente(g)</td><td>0.09</td></tr>
<tr><td>Fijador(g/L)</td><td>0.32</td></tr>
<tr><td>Acido(g/L)</td><td>0.6</td></tr>
<tr><td>Temperatura(°C)</td><td>80/90</td></tr>
<tr><td>Tiempo(min)</td><td>120/160</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Anexo 8: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación discontinua*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA DE OBSERVACION DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td>Lugar de ejecución</td><td>:</td><td colspan="2">CITEtextil camélidos - Cusco</td></tr>
<tr><td>Laboratorio</td><td>:</td><td colspan="2">Tintoreria y procesos humedos</td></tr>
<tr><td>Tesista</td><td>:</td><td colspan="2">Bach. Jackelin Gomel Ccari</td></tr>
<tr><td colspan="4">FICHA DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tipo de medulación</td><td rowspan="2">Medula Discontinua</td><td colspan="2">Muestra del teñido</td></tr>
<tr><td>Replica 1</td><td>Replica 2</td></tr>
<tr><td>Material</td><td>Fibra de alpaca</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>Peso (gr)</td><td>3.23</td></tr>
<tr><td>Relacion de baño</td><td>1:30</td></tr>
<tr><td>Volumen de agua</td><td>96.9</td></tr>
<tr><td colspan="2">PROCESO</td></tr>
<tr><td>Colorante (g)/ 4GN(4%)</td><td>0.13</td><td rowspan="5">LABORATORIO TEXTIL
</td></tr>
<tr><td>Igualante(g/l)</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td>Mordiente(g)</td><td>0.09</td></tr>
<tr><td>Fijador(g/L)</td><td>0.32</td></tr>
<tr><td>Acido(g/L)</td><td>0.6</td></tr>
<tr><td>Temperatura(°C)</td><td>80/90</td></tr>
<tr><td>Tiempo(min)</td><td>120/160</td></tr>
</table>

Anexo 9: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación discontinua*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA DE OBSERVACION DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td>Lugar de ejecución</td><td>:</td><td colspan="2">CITEtextil camélidos - Cusco</td></tr>
<tr><td>Laboratorio</td><td>:</td><td colspan="2">Tintoreria y procesos humedos</td></tr>
<tr><td>Tesista</td><td>:</td><td colspan="2">Bach. Jackelin Gomel Ccari</td></tr>
<tr><td colspan="4">FICHA DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tipo de medulación</td><td rowspan="2">Medula Discontinua</td><td colspan="2">Muestra del teñido</td></tr>
<tr><td>Replica 1</td><td>Replica 2</td></tr>
<tr><td>Material</td><td>Fibra de alpaca</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>Peso (gr)</td><td>3.23</td></tr>
<tr><td>Relacion de baño</td><td>1:30</td></tr>
<tr><td>Volumen de agua</td><td>96.9</td></tr>
<tr><td colspan="2">PROCESO</td></tr>
<tr><td>Colorante (g)/ B(6%)</td><td>0.19</td><td rowspan="5" colspan="2">LABORATORIO TEXTIL
</td></tr>
<tr><td>Igualante(g/l)</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td>Mordiente(g)</td><td>0.06</td></tr>
<tr><td>Fijador(g/L)</td><td>0.32</td></tr>
<tr><td>Acido(g/L)</td><td>0.6</td></tr>
<tr><td>Temperatura(°C)</td><td>80/90</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Tiempo(min)</td><td>120/160</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Anexo 10: *Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación fragmentada*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA DE OBSERVACION DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td>Lugar de ejecución</td><td>:</td><td colspan="2">CITEtextil camélidos - Cusco</td></tr>
<tr><td>Laboratorio</td><td>:</td><td colspan="2">Tintoreria y procesos humedos</td></tr>
<tr><td>Tesista</td><td>:</td><td colspan="2">Bach. Jackelin Gomel Ccari</td></tr>
<tr><td colspan="4">FICHA DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tipo de medulación</td><td rowspan="2">Medula Fragmentada</td><td colspan="2">Muestra del teñido</td></tr>
<tr><td>Replica 1</td><td>Replica 2</td></tr>
<tr><td>Material</td><td>Fibra de alpaca</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>Peso (gr)</td><td>3.23</td></tr>
<tr><td>Relacion de baño</td><td>1:30</td></tr>
<tr><td>Volumen de agua</td><td>96.9</td></tr>
<tr><td colspan="2">PROCESO</td></tr>
<tr><td>Colorante (g)/ 4GN(4%)</td><td>0.13</td><td colspan="2" rowspan="5">LABORATORIO TEXTIL
</td></tr>
<tr><td>Igualante(g/l)</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td>Mordiente(g)</td><td>0.09</td></tr>
<tr><td>Fijador(g/L)</td><td>0.32</td></tr>
<tr><td>Acido(g/L)</td><td>0.6</td></tr>
<tr><td>Temperatura(°C)</td><td>80/90</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Tiempo(min)</td><td>120/160</td></tr>
</table>

Anexo 11*: Ficha de observación del proceso de teñido del tipo de medulación fragmentada*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA DE OBSERVACION DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td>Lugar de ejecución</td><td>:</td><td colspan="2">CITEtextil camélidos - Cusco</td></tr>
<tr><td>Laboratorio</td><td>:</td><td colspan="2">Tintoreria y procesos humedos</td></tr>
<tr><td>Tesista</td><td>:</td><td colspan="2">Bach. Jackelin Gomel Ccari</td></tr>
<tr><td colspan="4">FICHA DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tipo de medulación</td><td rowspan="2">Medula Fragmentada</td><td colspan="2">Muestra del teñido</td></tr>
<tr><td>Replica 1</td><td>Replica 2</td></tr>
<tr><td>Material</td><td>Fibra de alpaca</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>Peso (gr)</td><td>3.23</td></tr>
<tr><td>Relacion de baño</td><td>1:30</td></tr>
<tr><td>Volumen de agua</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">PROCESO</td></tr>
<tr><td>Colorante (g)/ B(6%)</td><td>0.19</td><td rowspan="5" colspan="2">LABORATORIO TEXTIL
</td></tr>
<tr><td>Igualante(g/l)</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td>Mordiente(g)</td><td>0.06</td></tr>
<tr><td>Fijador(g/L)</td><td>0.32</td></tr>
<tr><td>Acido(g/L)</td><td>0.6</td></tr>
<tr><td>Temperatura(°C)</td><td>80/90</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Tiempo(min)</td><td>120/160</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Anexo 12: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al frote fuertemente medulada*

FICHA DE OBERVACION DE CONTROL DE CALIDAD DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA **SOLIDES DE COLOR AL FROTE**				
Lugar de ejecución	CITEtextil camélidos - Cusco			
Laboratorio	Control de calidad			
Tesista	Bach. Jackelin Gomel Ccari			
Tipo de prueba	Solides al frote en seco			
Muestras	Muestras teñidas de fibra de alpaca			
Material	Fibra de alpaca			
Resultado	Evaluacion de transferencia de color de la muestra			
Equipo	Crokmeter			
TIPO DE MEDULACION	**REPLICA N° 1**		**REPLICA N° 2**	
	Solidez al color al frote		**Solidez al color al frote**	
	Muestra	**Resultado**	**Muestra**	**Resultado**
Fuertemente medulada	M1	2	M1	2
Fuertemente medulada	M2	2	M2	2
Fuertemente medulada	M3	3	M3	3
Fuertemente medulada	M4	2.5	M4	3
Fuertemente medulada	M5	2.5	M5	2
Fuertemente medulada	M6	2	M6	3
Fuertemente medulada	M7	2.5	M7	3
Fuertemente medulada	M8	3.5	M8	3.5
Fuertemente medulada	M9	2.5	M9	2
Fuertemente medulada	M10	3	M10	2.5
Fuertemente medulada	M11	3	M11	3
Fuertemente medulada	M12	3	M12	3.5
Fuertemente medulada	M13	2	M13	2.5
Fuertemente medulada	M14	2.5	M14	3
Fuertemente medulada	M15	3	M15	3
Fuertemente medulada	M16	4	M16	3

Anexo 13: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al frote medulación continua*

FICHA DE OBERVACION DE CONTROL DE CALIDAD DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA **SOLIDES DE COLOR AL FROTE**				
Lugar de ejecución	CITEtextil camélidos - Cusco			
Laboratorio	Control de calidad			
Tesista	Bach. Jackelin Gomel Ccari			
Tipo de prueba	Solides al frote en seco			
Muestras	Muestras teñidas de fibra de alpaca			
Material	Fibra de alpaca			
Resultado	Evaluacion de transferencia de color de la muestra			
Equipo	Crokmeter			
TIPO DE MEDULACION	**REPLICA N° 1**		**REPLICA N° 2**	
	Solidez al color al frote		**Solidez al color al frote**	
	Muestra	**Resultado**	**Muestra**	**Resultado**
Medula continua	M1	2	M1	1.5
Medula continua	M2	1.5	M2	2
Medula continua	M3	2.5	M3	2
Medula continua	M4	2.5	M4	2
Medula continua	M5	2	M5	2
Medula continua	M6	2	M6	2
Medula continua	M7	3.5	M7	3.5
Medula continua	M8	3.5	M8	4
Medula continua	M9	2	M9	2
Medula continua	M10	1.5	M10	2
Medula continua	M11	2.5	M11	3
Medula continua	M12	2	M12	2.5
Medula continua	M13	2	M13	3
Medula continua	M14	2.5	M14	2.5
Medula continua	M15	3.5	M15	4
Medula continua	M16	3.5	M16	4

Anexo 14: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al frote medulación discontinua*

FICHA DE OBERVACION DE CONTROL DE CALIDAD DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA **SOLIDES DE COLOR AL FROTE**				
Lugar de ejecución	CITEtextil camélidos - Cusco			
Laboratorio	Control de calidad			
Tesista	Bach. Jackelin Gomel Ccari			
Tipo de prueba	Solides al frote en seco			
Muestras	Muestras teñidas de fibra de alpaca			
Material	Fibra de alpaca			
Resultado	Evaluacion de transferencia de color de la muestra			
Equipo	Crokmeter			
TIPO DE MEDULACION	**REPLICA N° 1**		**REPLICA N° 2**	
	Solidez al color al frote		**Solidez al color al frote**	
	Muestra	**Resultado**	**Muestra**	**Resultado**
Medula discontinua	M1	1.5	M1	1
Medula discontinua	M2	3	M2	2.5
Medula discontinua	M3	2.5	M3	1
Medula discontinua	M4	4.5	M4	3.5
Medula discontinua	M5	3	M5	3
Medula discontinua	M6	4.5	M6	4.5
Medula discontinua	M7	3	M7	3.5
Medula discontinua	M8	3	M8	4.5
Medula discontinua	M9	3.5	M9	3
Medula discontinua	M10	3	M10	3.5
Medula discontinua	M11	4.5	M11	3.5
Medula discontinua	M12	4	M12	3.5
Medula discontinua	M13	2.5	M13	1.5
Medula discontinua	M14	2.5	M14	1.5
Medula discontinua	M15	2.5	M15	2
Medula discontinua	M16	3	M16	4

Anexo 15: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al frote medulación fragmentada*

FICHA DE OBERVACION DE CONTROL DE CALIDAD DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA **SOLIDES DE COLOR AL FROTE**				
Lugar de ejecución	CITEtextil camélidos - Cusco			
Laboratorio	Control de calidad			
Tesista	Bach. Jackelin Gomel Ccari			
Tipo de prueba	Solides al frote en seco			
Muestras	Muestras teñidas de fibra de alpaca			
Material	Fibra de alpaca			
Resultado	Evaluacion de transferencia de color de la muestra			
Equipo	Crokmeter			
TIPO DE MEDULACION	**REPLICA N° 1**		**REPLICA N° 2**	
	Solidez al color al frote		**Solidez al color al frote**	
	Muestra	**Resultado**	**Muestra**	**Resultado**
Medula fragmentada	M1	2.5	M1	2.5
Medula fragmentada	M2	3.5	M2	3.5
Medula fragmentada	M3	4	M3	4
Medula fragmentada	M4	5	M4	5
Medula fragmentada	M5	3.5	M5	3.5
Medula fragmentada	M6	4.5	M6	4.5
Medula fragmentada	M7	5	M7	5
Medula fragmentada	M8	5	M8	5
Medula fragmentada	M9	4	M9	4
Medula fragmentada	M10	5	M10	4.5
Medula fragmentada	M11	5	M11	5
Medula fragmentada	M12	5	M12	5
Medula fragmentada	M13	5	M13	4.5
Medula fragmentada	M14	5	M14	5
Medula fragmentada	M15	5	M15	5
Medula fragmentada	M16	5	M16	5

Anexo 16: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al lavado fuertemente medulada*

FICHA DE OBERVACION DE CONTROL DE CALIDAD DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA **SOLIDES DE COLOR AL LAVADO**				
Lugar de ejecución		CITEtextil camélidos - Cusco		
Laboratorio		Control de calidad		
Tesista		Bach. Jackelin Gomel Ccari		
Tipo de prueba		Solides al frote en seco		
Muestras		Muestras teñidas de fibra de alpaca		
Material		Fibra de alpaca		
Resultado		Evaluacion de transferencia de color de la muestra		
Equipo		Lauderometro		
TIPO DE MEDULACION	**REPLICA N° 1**		**REPLICA N° 2**	
	Solidez al color al lavado		**Solidez al color al lavado**	
	Muestra	Resultado	Muestra	Resultado
Fuertemente medulada	M1	1.5	M1	1
Fuertemente medulada	M2	2	M2	2
Fuertemente medulada	M3	2	M3	1.5
Fuertemente medulada	M4	2.5	M4	2
Fuertemente medulada	M5	1.5	M5	2
Fuertemente medulada	M6	2	M6	2
Fuertemente medulada	M7	2.5	M7	2
Fuertemente medulada	M8	2.5	M8	2
Fuertemente medulada	M9	1.5	M9	1.5
Fuertemente medulada	M10	2	M10	2
Fuertemente medulada	M11	2	M11	1.5
Fuertemente medulada	M12	2.5	M12	2.5
Fuertemente medulada	M13	2	M13	1.5
Fuertemente medulada	M14	2	M14	2
Fuertemente medulada	M15	1.5	M15	2
Fuertemente medulada	M16	2.5	M16	3

Anexo 17: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al lavado medulación continua*

FICHA DE OBERVACION DE CONTROL DE CALIDAD DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA **SOLIDES DE COLOR AL LAVADO**				
Lugar de ejecución		CITEtextil camélidos - Cusco		
Laboratorio		Control de calidad		
Tesista		Bach. Jackelin Gomel Ccari		
Tipo de prueba		Solides al frote en seco		
Muestras		Muestras teñidas de fibra de alpaca		
Material		Fibra de alpaca		
Resultado		Evaluacion de transferencia de color de la muestra		
Equipo		Lauderometro		
TIPO DE MEDULACION	**REPLICA N° 1**		**REPLICA N° 2**	
	Solidez al color al lavado		**Solidez al color al lavado**	
	Muestra	Resultado	Muestra	Resultado
Medula continua	M1	1	M1	1
Medula continua	M2	1.5	M2	1
Medula continua	M3	1.5	M3	1.5
Medula continua	M4	1.5	M4	1.5
Medula continua	M5	1.5	M5	1.5
Medula continua	M6	2	M6	1.5
Medula continua	M7	3.5	M7	3
Medula continua	M8	3	M8	3
Medula continua	M9	1	M9	1.5
Medula continua	M10	1	M10	1.5
Medula continua	M11	1.5	M11	2
Medula continua	M12	1.5	M12	2
Medula continua	M13	1.5	M13	2
Medula continua	M14	1.5	M14	2
Medula continua	M15	3	M15	3.5
Medula continua	M16	3	M16	3.5

Anexo 18: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al lavado medulación discontinua*

FICHA DE OBERVACION DE CONTROL DE CALIDAD DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA **SOLIDES DE COLOR AL LAVADO**				
Lugar de ejecución		CITEtextil camélidos - Cusco		
Laboratorio		Control de calidad		
Tesista		Bach. Jackelin Gomel Ccari		
Tipo de prueba		Solides al frote en seco		
Muestras		Muestras teñidas de fibra de alpaca		
Material		Fibra de alpaca		
Resultado		Evaluacion de transferencia de color de la muestra		
Equipo		Lauderometro		
TIPO DE MEDULACION	**REPLICA N° 1**		**REPLICA N° 2**	
	Solidez al color al lavado		**Solidez al color al lavado**	
	Muestra	Resultado	Muestra	Resultado
Medula discontinua	M1	2.5	M1	1.5
Medula discontinua	M2	4	M2	4.5
Medula discontinua	M3	2	M3	2.5
Medula discontinua	M4	5	M4	4.5
Medula discontinua	M5	3.5	M5	4
Medula discontinua	M6	3	M6	3.5
Medula discontinua	M7	4.5	M7	4
Medula discontinua	M8	3.5	M8	4
Medula discontinua	M9	4.5	M9	3.5
Medula discontinua	M10	2.5	M10	3
Medula discontinua	M11	3	M11	3.5
Medula discontinua	M12	3.5	M12	4
Medula discontinua	M13	2	M13	3
Medula discontinua	M14	1	M14	2
Medula discontinua	M15	1	M15	1.5
Medula discontinua	M16	3	M16	3.5

Anexo 19: *Ficha de prueba de control de calidad de solidez de color al lavado medulación fragmentada*

FICHA DE OBERVACION DE CONTROL DE CALIDAD DE TEÑIDO DE FIBRA DE ALPACA **SOLIDES DE COLOR AL LAVADO**				
Lugar de ejecución		CITEtextil camélidos - Cusco		
Laboratorio		Control de calidad		
Tesista		Bach. Jackelin Gomel Ccari		
Tipo de prueba		Solides al frote en seco		
Muestras		Muestras teñidas de fibra de alpaca		
Material		Fibra de alpaca		
Resultado		Evaluacion de transferencia de color de la muestra		
Equipo		Lauderometro		
TIPO DE MEDULACION	**REPLICA N° 1**		**REPLICA N° 2**	
	Solidez al color al lavado		**Solidez al color al lavado**	
	Muestra	Resultado	Muestra	Resultado
Medula fragmentada	M1	1.5	M1	1.5
Medula fragmentada	M2	3	M2	3
Medula fragmentada	M3	3.5	M3	3
Medula fragmentada	M4	4	M4	4
Medula fragmentada	M5	2.5	M5	2.5
Medula fragmentada	M6	4	M6	4
Medula fragmentada	M7	4	M7	4
Medula fragmentada	M8	4	M8	4
Medula fragmentada	M9	2.5	M9	2.5
Medula fragmentada	M10	4	M10	4
Medula fragmentada	M11	4	M11	4
Medula fragmentada	M12	4	M12	4
Medula fragmentada	M13	3.5	M13	3.5
Medula fragmentada	M14	4	M14	4
Medula fragmentada	M15	4	M15	4
Medula fragmentada	M16	4	M16	4

Anexo 20: *Tabla de residuos de los tipos de medulación para la solidez de color al frote y al lavado*

N°	Factores				Fuertemente medulada		Medula continua		Medula discontinua		Medula fragmentada	
	Concentración de colorante (%)	**Concentración de mordiente (g/L)**	**Temperatura (°C)**	**Tiempo (min)**	Resid_ Frote	Resid_ Lavado	Resid_ Frote	Resid_ Lavado	Resid_ Frote	Resid_ Lavado	Resid_ Frote	Resid_ Lavado
1	4	1,8	80	120	0.03125	0.09375	0.5	0.171875	-0.828125	-0.84375	-0.71875	-0.796875
2	6	1,8	80	120	-0.28125	0.09375	0.0625	0.640625	-0.171875	0.15625	-0.21875	-0.015625
3	4	2.8	80	120	0.28125	0.21875	-8.882E-16	-0.296875	-0.359375	-1.65625	-0.03125	0.421875
4	6	2.8	80	120	-0.53125	0.21875	0.0625	-0.328125	0.796875	0.84375	0.46875	0.203125
5	4	1,8	90	120	0.34375	-0.09375	-0.375	-0.359375	0.640625	0.59375	-0.21875	-0.265625
6	6	1,8	90	120	-0.46875	-0.09375	-0.3125	0.109375	1.296875	-0.40625	0.28125	0.515625
7	4	2.8	90	120	-0.40625	0.53125	0.125	0.671875	0.109375	1.28125	0.46875	0.453125
8	6	2.8	90	120	0.28125	0.03125	0.1875	0.140625	-0.734375	-0.21875	-0.03125	-0.265625
9	4	1,8	80	160	0.28125	0.03125	0.25	0.015625	1.203125	1.90625	0.09375	-0.265625
10	6	1,8	80	160	0.46875	0.03125	-0.1875	-0.015625	-0.140625	-0.59375	0.59375	0.515625
11	4	2.8	80	160	0.03125	0.15625	-0.25	-0.453125	1.671875	0.09375	0.28125	0.453125
12	6	2.8	80	160	-0.28125	0.15625	-0.6875	-0.484375	0.328125	0.09375	-0.21875	-0.265625
13	4	1,8	90	160	-0.40625	0.34375	-0.625	-0.515625	0.171875	-0.15625	0.59375	0.265625
14	6	1,8	90	160	-0.21875	-0.15625	-0.0625	-0.546875	-0.671875	-1.65625	0.09375	0.046875
15	4	2.8	90	160	-0.15625	-0.53125	-0.125	0.015625	-0.359375	-1.46875	-0.21875	-0.015625
16	6	2.8	90	160	0.53125	-0.03125	-0.0625	-0.015625	-0.703125	0.03125	-0.71875	-0.734375
17	4	1,8	80	120	0.03125	-0.40625	2.2204E-16	0.171875	-1.328125	-1.84375	-0.71875	-0.796875
18	6	1,8	80	120	-0.28125	0.09375	0.5625	0.140625	-0.671875	0.65625	-0.21875	-0.015625
19	4	2.8	80	120	0.28125	-0.28125	-0.5	-0.296875	-1.859375	-1.15625	-0.03125	-0.078125
20	6	2.8	80	120	-0.03125	-0.28125	-0.4375	-0.328125	-0.203125	0.34375	0.46875	0.203125

21	4	1,8	90	120	-0.15625	0.40625	-0.375	-0.359375	0.640625	1.09375	-0.21875	-0.265625
22	6	1,8	90	120	0.53125	-0.09375	-0.3125	-0.390625	1.296875	0.09375	0.28125	0.515625
23	4	2.8	90	120	0.09375	0.03125	0.125	0.171875	0.609375	0.78125	0.46875	0.453125
24	6	2.8	90	120	0.28125	-0.46875	0.6875	0.140625	0.765625	0.28125	-0.03125	-0.265625
25	4	1,8	80	160	-0.21875	0.03125	0.25	0.515625	0.703125	0.90625	0.09375	-0.265625
26	6	1,8	80	160	-0.03125	0.03125	0.3125	0.484375	0.359375	-0.09375	0.09375	0.515625
27	4	2.8	80	160	0.03125	-0.34375	0.25	0.046875	0.671875	0.59375	0.28125	0.453125
28	6	2.8	80	160	0.21875	0.15625	-0.1875	0.015625	-0.171875	0.59375	-0.21875	-0.265625
29	4	1,8	90	160	0.09375	-0.15625	0.375	-0.015625	-0.828125	0.84375	0.09375	0.265625
30	6	1,8	90	160	0.28125	-0.15625	-0.0625	-0.046875	-1.671875	-0.65625	0.09375	0.046875
31	4	2.8	90	160	-0.15625	-0.03125	0.375	0.515625	-0.859375	-0.96875	-0.21875	-0.015625
32	6	2.8	90	160	-0.46875	0.46875	0.4375	0.484375	0.296875	0.53125	-0.71875	-0.734375

Anexo 21: *Evidencia Fotográfica del Muestreo de fibra de alpaca*



Anexo 22: *Fotografía de Muestras de fibra de alpaca Huacaya extraídas del distrito de Macusani*



Anexo 23: *Fotografía Muestras de fibra de alpaca codificada para la limpieza*



Anexo 24: *Fotografía Muestras de fibra de alpaca en el proceso de limpieza*



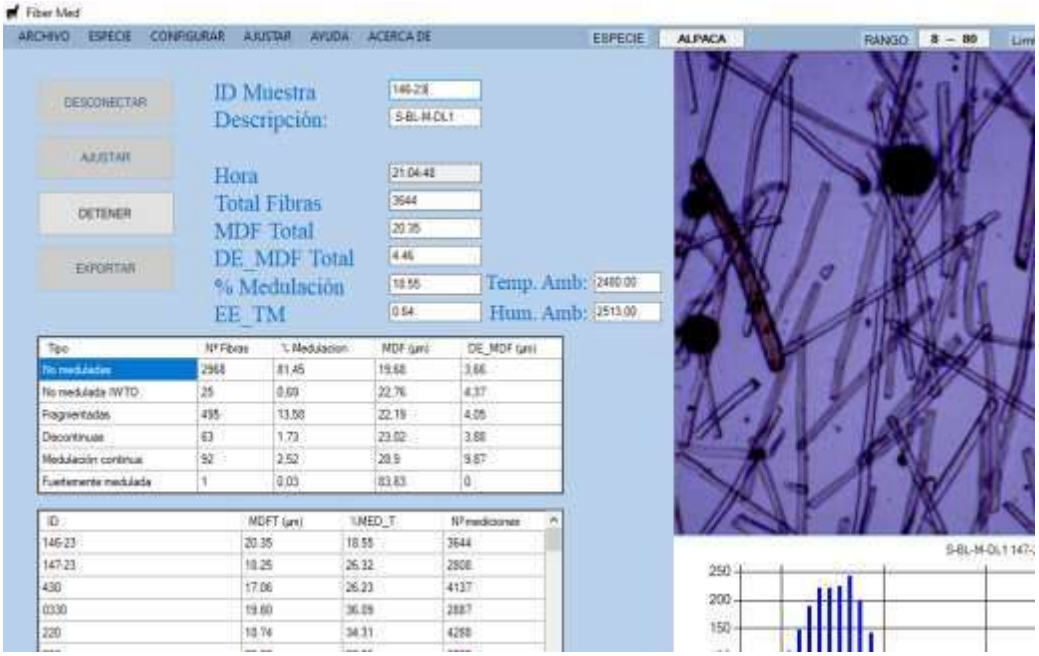
Anexo 25: *Fotografía Preparación de muestra de fibra de alpaca para el análisis de medulación*



Anexo 26: *Fotografía Análisis del porcentaje de medulación*



Anexo 27: *Resultados microscópicos del modulómetro*



Anexo 28: *Fotografía de Colorantes y auxiliares para el proceso de teñido*



Anexo 29: Fotografía de Pesado de la muestra de fibra de alpaca



Anexo 30*: Programación del proceso de teñido en el equipo data color*



Anexo 31: *Muestras teñidas*



Anexo 32: *Fotografía de Prueba de control de calidad solidez de color al frote en seco*



Anexo 33: *Fotografía de prueba de control de calidad solidez de color al lavado*



Anexo 34*: Evaluación de la solidez al color con escala de grises*

