



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

“Teñido de algodón usando dióxido de carbono a diferentes temperaturas y cantidades de agua a nivel de laboratorio 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Br. Trinidad Peña, Lizeth Alicia

ASESOR:

Dr. Jave Nakayo Jorge Leonardo

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad Ambiental y Gestión de Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2018

DEDICATORIA

A MIS QUERIDOS PADRES

ISIDRO TRINIDAD NORABUENA Y ALICIA PEÑA TORRES

Ellos, fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentaron en mí las bases de responsabilidad, y deseos de superación, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar, pues sus virtudes infinitas y sus grandes corazones me llevaron a admirarlos siempre, junto al amor y la calidez de mi familia al cual amo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad “César Vallejo” por darme la oportunidad de ser parte de ellos, y a mis maestros por los conocimientos que me han otorgado, a Dios porque en todo momento está conmigo, guiando cada paso que doy.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Lizeth Alicia TRINIDAD PEÑA, identificado con DNI N° 46279670, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería de la escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo Juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo Juramento que los datos e información que se presenta en la presente Tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 2018



Lizeth Alicia TRINIDAD PEÑA

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Presento ante Ustedes la Tesis que lleva por título “TEÑIDO DE ALGODÓN USANDO DIÓXIDO DE CARBONO A DIFERENTES TEMPERATURAS Y CANTIDADES DE AGUA A NIVEL DE LABORATORIO 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniería Ambiental.

Lizeth Alicia TRINIDAD PEÑA

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v.
PRESENTACIÓN.....	vi
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 Trabajos previos.....	3
1.2.1 Internacionales	3
1.2.2 Teorías relacionadas al tema.....	7
1.2.3 La industria textil.....	9
1.3 CALIDAD DE TEÑIDO.....	12
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.4.1 Problema general.	14
1.4.2 Problemas específicos.	14
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	14
1.6 HIPÓTESIS	15
1.6.1 General	15
1.6.2 Hipótesis específicos	15
1.7 OBJETIVOS.....	16
1.7.1 General.....	16
1.7.2 Específicos.	16
II. MÉTODO.....	16
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	16
2.1.1 Tipo	16
2.1.2 Diseño.....	16
2.2 Variables, Operacionalización.....	16
2.3 POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO	18
2.3.1 Población.	18
2.3.2 Muestra.	18
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad de diseño.....	18
2.4.1 Técnica e instrumentos de recolección de datos:	18

2.4.2 Validez y Confiabilidad del Instrumento	28
2.5 Métodos de análisis de datos.....	30
2.6 Aspectos Éticos.....	33
III RESULTADOS	34
3.1 Determinación de la calidad de teñido (solidez).....	34
3.2 Determinar los valores óptimos o ideal de temperatura y agua para una mejor solidez.....	39
3.3 Determinar la relación de condiciones de operaciones.....	40
IV DISCUSIÓN.	45
V. CONCLUSIONES.....	48
VI. RECOMENDACIONES.....	50
VII. REFERENCIAS.....	51
ANEXOS.....	53
ANEXO I.- MATRIZ DE CONSISTENCIA	53
ANEXO II: FOTOS DE MUESTRAS DEL TEÑIDO.....	54
ANEXO II. REALIZACION DE LA SOLIDEZ AL LAVADO.....	57
ANEXO III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	60
ANEXO IV: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	61
ANEXO VI: INFORME TÉCNICO DE LA SOLIDEZ AL LAVADO.....	64

RESUMEN

El presente trabajo de investigación evaluó el proceso de teñido con CO₂ a diferentes magnitudes de temperatura y agua para tela de algodón con la finalidad de tener una alta calidad de teñido con menor cantidad de agua que se usan en el proceso convencional del teñido en las industrias textiles, ya que estas utilizan grandes cantidades de agua para dicho proceso. Se realizó 15 muestras requeridas por el diseño experimental factorial que utilizó un modelo de segundo orden; donde se evaluó la solidez estadísticamente, la que representa la calidad de teñido.

En el desarrollo de esta investigación se utilizó un equipo diseñado a nivel laboratorio que trabaje con alta presión y temperatura, la temperatura Máxima fue de 24 °C y la presión máxima fue de 48 bar por un tiempo de ½ hora, donde se usó hielo seco 25 gr para cada muestra, junto con colorante reactivo Novacrom, Albatex (álcali) y agua a diferentes cantidades. Luego del teñido se realizó el neutralizado y lavado para luego analizar la solidez. Finalmente, los resultados mostraron una solidez de 5 para las muestras N°2.7, 9, 10, 11.

Palabras claves: Solidez, Álcali, CO₂, Presión, Temperatura.

ABSTRACT

The present work of investigation evaluated the process of dyeing with CO₂ around supercritical conditions with cotton cloth with smaller amount of water to be able to reduce the use of water in the conventional process of the textile industries that use large quantities of water for this process. We performed 15 samples required by the factorial experimental design that used a second order model; where the solidity was evaluated statistically.

This research study evaluated the process of dyeing with CO₂ at different temperature and water magnitudes for cotton fabric in order to have a high quality of dyeing with lower quantity of water that are used in the conventional dyeing process in the Textile dust, since they use large amounts of water for this process. We made 15 samples required by the experimental factorial design that I use a second order model; where solidity was evaluated statistically, which represents the quality of dyeing. Luego del teñido se realizó el neutralizado y lavado para luego analizar la solidez. Finalmente, los resultados mostraron una solidez de 5 para las muestras N°2,7, 9, 10, 11.

Keywords: Solidity, Alkali, CO₂, Pressure, Temperature.

I. INTRODUCCIÓN

Unos de los elementos importantes para la continuidad y desarrollo de la vida es el agua, actualmente este es indispensable para el desarrollo de muchos procesos industriales uno de ellos es el sector textil.

La industria textil es un sector con una alta producción en diferentes países, esta es una de las actividades más contaminantes debido a que usa grandes cantidades de agua en sus diferentes procesos, y más aún en el proceso de teñido, dicho sector genera residuos y consume alta energía, así como también reactivos químicos.

Para Xicota (2015) la cantidad de agua que se usa para poder procesar 1 kilogramo de materia textil se encuentra entre los valores de 100 a 150 litros, además indica que se tiñen aproximadamente 28.000 millones de kg anualmente. Para Tinoco Et. al. (2011). El teñido con colorantes reactivos usa entre 125 y 170 litros de agua por kilogramo de producto. Estas dos situaciones nos muestran valores que evidencian consumos en una alta escala de las fuentes hídricas. Actualmente se está considerando una futura escasez de agua debido a la mala gestión que se tiene con ella, y un costo elevado a los tratamientos de aguas residuales provenientes de industrias

Este proyecto usa dióxido de carbono para teñir fibra de algodón con menor uso de agua, se mide la solidez que indica la calidad del teñido, que se obtiene con dicha metodología, para lograr un proceso viable que permita evitar el alto consumo de agua que se da por las industrias textiles y a la vez evitar la generación de grandes cantidades de aguas residuales.

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

La industria textil produce diferentes artículos para vestir en escala global, sus operaciones se caracterizan por una alta demanda en el consumo de agua y esto se da mucho más en el proceso de teñido, debido a que el agua es el medio que hace posible la aplicación de sus colorantes entre otras sustancias (químicos, auxiliares).

La industria del sector textil usa grandes cantidades de agua en sus diferentes procesos y más aún en el de teñido. Para Xicota (2015) la cantidad de agua que se usa para poder procesar 1 kilogramo de materia textil se encuentra entre los valores de 100 a 150 litros, además indica que se tiñen aproximadamente 28.000 millones de kilogramos anualmente, para Tinoco Et. al. (2011). El teñido con colorantes reactivos usa entre 125 y 170 litros de agua por kilogramo de producto. En cualquiera de los casos nos muestran valores que evidencian consumos en una alta escala de las fuentes hídricas, siendo este sector uno de los mayores consumidores. Actualmente se está considerando una futura escasez de agua debido a la mala gestión que se tiene con ella, y un costo elevado a los tratamientos de aguas residuales provenientes de industrias, se viven problemas por el agua, el agua que debe ser de uso domiciliario y agrícola, son finalmente destinadas a estas industrias generando un impacto ambiental negativo hacia el medio ambiente, agregándole a ello la generación de gran cantidad de aguas residuales que son tóxicas por la presencia de colorantes y compuestos químicos. Para Xicota (2015) en China se da el 65 % de la producción de textil a nivel mundial y que se da una descarga en sus ríos de 2.5 billones de litros de agua según la ONG Institute of Public and Environmental Affairs (IPE). La industria textil en el Perú no es la excepción en la demanda importante del consumo de altas cantidades de agua en el proceso de teñido y en la generación de efluentes con altos contaminantes, además de que existen sectores donde hay problemas por la ausencia de agua. Por todo ello es de extrema importancia tomar medidas preventivas en el consumo de agua para el proceso de teñido y generación de aguas residuales. Ante ello esta investigación propone el proceso del teñido con otro tipo de metodología haciendo uso del dióxido de carbono expuesta a diferentes cantidades de agua y temperaturas

con el fin con el fin de usar menor cantidad de lo que se usa en el proceso convencional. De este modo la demanda del consumo de agua tiende a reducirse, por tanto, el impacto al medio ambiente resultaría no significativo y el costo de tratamientos se reduciría drásticamente.

1.2 Trabajos previos

1.2.1 Internacionales

VAN DE KRAAN, M. Et al. (s.f.). El teñido de textiles de dióxido carbono supercrítico. El objetivo de esta investigación fue realizar el proceso de teñido de textiles usando dióxido de carbono en condiciones supercríticas. Esta investigación consistió en teñir poliéster, seda, lana, algodón y algodón aminado, la presión que utilizaron en la experimentación del teñido supercrítico fue de 225 bar a 278 bar y como temperatura fue de 100 a 116 °C, en los experimentos se añadió una pequeña cantidad de agua como potenciador de reactividad. Los resultados obtenidos mostraron un mejor resultado en el teñido del algodón aminado, el algodón no tuvo un buen resultado de teñido.

BELTRAME, PIER LUIGI. Et al. (1998). Teñido de algodón en dióxido de carbono supercrítico. La finalidad de esta investigación es el teñido con el dióxido de carbono supercrítico como sistema disolvente. Las muestras fueron tratadas en soluciones de agua que contienen 8 % de glicol de polietileno y después se secaron a una temperatura ambiente, luego fueron teñidos de dióxido de carbono en supercríticos en un recipiente de 300 ml que se puso a calentar hasta 100°C durante 30 min bajo una presión de 250 bar. Como resultado se obtuvo la resistencia a la luz mayor que 1 para el colorante Disperse Blue y 4-5 para el colorante disperse blue con benzamida, en cuanto a la solidez al lavado se obtuvo mayor que 1 y 4 respectivamente.

Sawada. Et al. (2002). Teñido de fibras naturales en dióxido de carbono supercrítico utilizando un sistema micelar inverso surfactante no iónico. El procedimiento experimental de dicha investigación se realizó con un equipo supercrítico construido en su laboratorio, antes de realizar el proceso de teñido supercrítico se colocó en la parte inferior de la celda del equipo el surfactante

cotensioactivo, agua y colorante, se trabajó con una temperatura de 40 °C y una presión e 14 MPa. Los resultados evidenciaron que el teñido de algodón mostró irregularidad y solo se pudieron obtener tonos pálidos. Como conclusión se tuvo que el mal teñido de algodón se explica en un bajo hinchamiento de fibra, baja concentración de colorante o falta de afinidad del tinte con el tejido.

María Fernández (2005). Teñido de algodón en Dióxido de carbono supercrítico. La finalidad de esta investigación fue desarrollar un método para teñir algodón en dióxido de carbono supercrítico con colorantes reactivos. La metodología de investigación consistió en el uso de un reactor discontinuo de alta presión para condiciones supercríticas, el recipiente consistió en un recipiente de 150 mL conectado con un manómetro de presión y una válvula de aguja que es capaz de operar hasta 350 bar, se usó 0.001 g de colorante en 50 mL de metanol (CH₃OH) en un baño de ultrasonido (agitador) por 5 min, Se vertieron 1 mL de la solución de colorante y luego se añadió dióxido de carbono líquido a 60 bar y 295 K en el reactor. Como conclusión de obtuvo, que, en base a los resultados, el teñido de algodón con colorantes reactivos en dióxido de carbono supercrítico en condiciones ácidas tiene un mejor teñido.

LARGO, JIA-JIE. Et al. (2011). Las investigaciones sobre el teñido nivel de tejidos en dióxido de carbono supercrítico. La finalidad de este trabajo es investigar el teñido nivel de tejidos en dióxido de carbono supercrítico en un has mejorada con la temperatura del sistema, presión y tiempo del teñido además de la relación de tiempo de circulación de fluido para el teñido estático esto de 90 °C a 140 °C, 10 MPa a 30 MPa, 1 hora a 5 horas, respectivamente. La metodología utilizada se llevó a cabo en un sistema de lotes de fabricación casera equipado con una compresión, teñido y haciendo uso de dióxido de carbono. Los resultados evidenciaron que con una por encima de 130 °C presión de 10 MPa, tiempo de 1 a 5 horas se obtiene un incremento de intensidad de color a diferencia de una temperatura de 90°C a 110 °C, una presión de 10 a 20 MPa y un tiempo de tintura de 1 a 2 horas.

LARGO, JIA-JIE. Et al. (2012). Teñido de algodón tejido con un colorante de dispersión reactiva en dióxido de carbono supercrítico con un catalizador

Trietileno de Diamina (TEDA). El objetivo de este trabajo de investigación es evidenciar un nuevo método para el teñido de tela de algodón con el uso de vinilsulfona de colorantes de dispersión reactiva en dióxido de carbono supercrítico. La metodología se realizó mediante la adsorción de colorante con una reacción de fijación catalítica en un baño de tintura supercrítico. Los resultados mostraron una adsorción del colorante en un tiempo de teñido de 30 min a 120 min y la saturación del colorante se logró con un tiempo sobre 120 min en un porcentaje de 24,4 % para el sustrato húmedo y un 19.3 para el seco. La conclusión que se tuvo en este trabajo de investigación fue que la adsorción de la vinilsulfona reactiva dispersos de colorante rojo en dióxido de carbono supercrítico dependía de las temperaturas de 50 a 140 °C y las presiones de 10 MPa a 25 MPa, en el tiempo de 120 min para adelante.

Zheng. Et Al. (2016). Un aparato de dióxido de carbono supercrítico múltiple a escala industrial y su producción de tintura ecológica. La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar el diseño de un equipo que funcione con procedimiento de teñido anhidro en dióxido de carbono supercrítico para reemplazar el uso de agua en el proceso de teñido de poliéster en la industria textil. El diseño de este equipo supercrítico fue a escala múltiple industrial para la planta de teñido Florida, el diseño tuvo una capacidad de 500 L, Se realizaron experimentos de bobinas de tintura para comprobar la viabilidad de las condiciones supercríticas a escala industrial, la temperatura con la que trabaja este diseño en el proceso de teñido fue de 200 y 180 °C y la presión fue de 32 MPa y 30 MPa, se usó tres colorantes dispersos de diferentes colores. Como resultados se obtuvo una excelente solidez de color para el lavado, el frotado y la luz con una calificación de 5,4.5 y 4.6, trabajado con una temperatura de 120 °C y una presión de 24 MPa en un tiempo de 60 min.

Zhang, et al. (2017). Optimización de teñido reactivo respetuoso con el medio ambiente de telas de celulosa que utilizan fluido de dióxido de carbono supercrítico con diferente humedad. La siguiente investigación tuvo como objetivo realizar un teñido ecológico en tejidos de algodón usando reactivo amarillo de oro K-2RA con fluido de dióxido de carbono. Se estudió el efecto de la temperatura de tinción, presión, el tiempo, concentración de colorante y la

humedad del gas en las propiedades de teñido de celulosa. Los resultados indicaron que el buen efecto de teñido se logró debido a la reacción de sustitución nucleófila de grupo reactivo monoclorotriazina en grupos funcionales hidroxilo en algodón con reactivo amarillo, la intensidad del color se mejoró con la variación de las condiciones de teñido. Como recomendación indica usar a una temperatura de tintura de 90 °C y 20 MPa, con una concentración de colorante de 5 %, y húmedas de gas 5 % en tiempo de 1 hora, obteniendo buenos resultados de solidez.

ZHENG. Et al. (2016). Transferencia de rojo disperso 153 en dióxido de carbono supercrítico. El objetivo de esta investigación fue realizar el proceso de teñido supercrítico en fibras de poliéster, además de investigar el efecto de la temperatura de tinción, el tiempo de teñido, la presión de teñido, Los Resultados evidenciaron que con el uso de mayor temperatura (120 °C) y presión (17 MPa y 23 MPa) se obtuvo un excelente efecto de teñido

TAREK. Et al. (2015). Teñido respetuoso con el medio ambiente y acabado funcional de Nylon 6 utilizando dióxido de carbono supercrítico. La finalidad de este trabajo experimental fue realizar experimentos primarios para el teñido de tela Nylon a condiciones supercríticas. Esta investigación se realizó con colorantes dispersos. Los resultados evidenciaron buenas propiedades de solidez y más aún en solidez a la luz

Ying Yang. Et al. (2013). Cuerda de tela teñido en dióxido de carbono supercrítico para propósito comercial. La finalidad de este estudio fue investigar el comportamiento de los parámetros como la presión del sistema, la temperatura y el tiempo de teñido además de la solidez de tinción. Esta investigación consistió en el desarrollo de una máquina que actuó en condiciones supercríticas junto con el colorante reactivo. El tejido usado fue una muestra de tela de poliéster de 1.187 kg, colorante disperso rojo escarlata, la temperatura usada fue de 75 y 90 °C con una presión de 20 MPa en un tiempo de 30 min. Los Resultados evidenciaron una influencia significativa de los parámetros del proceso en la resistencia de color de la tela, se obtuvieron productos aceptables con una propiedad de teñido en un buen nivel y una buena solidez al lavado y frotación con calificación de 4-5 y 5.

1.2.2 Teorías relacionadas al tema.

Fluidos supercríticos

Un fluido en estado supercrítico (FSC) se encuentra en condiciones operativas con temperatura y presión superior a la de su punto crítico respectivamente; Si este se analiza en un diagrama presenta un comportamiento en la región supercrítica, la fase líquida-gas se ve interrumpida, en donde se da una transición de forma continua del estado líquido a fluido estado supercrítico, esto por el aumento de la presión y temperatura constante, así como también del estado gaseoso a estado fluido supercrítico. (UCM,2003).

Propiedades de los fluidos supercríticos

Un fluido supercrítico (FSC) se encuentra a presión y temperaturas altas pasando sus valores críticos o supercríticos, no es posible que se genere fase líquida condensada a temperaturas supercríticas por la elevación del parámetro de presión. Un fluido en estado supercrítico se traslada directamente a estado líquido si se disminuye la temperatura en condiciones de presión constante, también pasa a gas si se reduce de forma isoterma la presión. (UCM, 2003).

FIGURA N° 1 PROPIEDADES CRÍTICAS DE ALGUNOS DISOLVENTES

<i>Tabla 1. Propiedades críticas de algunos disolventes</i>			
Disolvente	T_c, °C	P_c, MPa	ρ_c, kg.m⁻³
Dióxido de carbono	30,9	7,37	468
Hexafluoruro de azufre	45,5	3,77	735
Oxido nitroso	36,4	7,25	452
Trifluorometano	26	4,82	525
Amoniaco	132,3	11,35	235
Xenón	16,5	5,84	1110
Agua	373,9	22,06	322
Metanol	239,4	8,09	272
Etanol	240,7	6,14	276
2-Propanol	235,1	4,76	273
Etano	32,2	4,88	203
Eteno	9,1	5,04	214
Propano	96,6	4,25	217
Tolueno	318,5	318,5	292

Fuente: UCM, 2003

Fibra de origen vegetal (Algodón)

Las fibras llamadas naturales son de origen animal o vegetal. El Perú tiene como la principal fibra vegetal el algodón, en la costa central se siembra el Tangüis, esta es una fibra larga uniforme de la que se producen hilados de buena calidad (suavidad de la fibra al tacto); el algodón llamado Pima que se siembra y crece en la costa norte del Perú es un algodón extralargo siendo el mejor del mundo debido a que de este se genera fibras con una suavidad única además de su lustrosidad. (PRODUCE, 2015).

FIGURA N° 2: ORIGEN DEL ALGODÓN

Nombre del algodón	Origen
Upland americano (<i>Gossypium hirsutum</i>)	Nativo de México y América Central, se caracteriza por su fibra de corta a mediana longitud
Pima americano (<i>Gossypium barbadense</i>)	Nativo de América del Sur, se caracteriza por su fibra extralarga.
<i>Gossypium herbaceum</i> y <i>G. arboreum</i>	Nativo de la India y Asia del Este, se caracteriza por su fibra más corta

(PRODUCE, 2015).

Fibra artificial

Esta fibra se genera a partir de una materia prima natural conocida como la celulosa. Las principales fibras artificiales son el poliéster, el nylon, polivinílicas, polipropinelo, fibras acrílicas, rayón, entre otros. (PRODUCE, 2015).

Consumo de agua en la industria textil

Según Pachas Luetic. (2010). Se registra el consumo total. Dada las variaciones de las relaciones de baño acorde al volumen de los pedidos para teñir 60 Tn de tela se requieren sin aplicar el Programa de Ahorro recomendado alrededor de 9,000 metros cúbicos de agua.

FIGURA N°3: CONSUMO DE AGUA POR EQUIPOS PARA EL TEÑIDO DE 60 Tn DE TELA

CONSUMO POR EQUIPOS	AGUA DURA m ³	AGUA BLANDA m ³	TOTAL m ³
LAVADORA	2,100	1,960	4,060
BRAZZOLI	350	1,050	1,400
BARCA	120	260	380
THEN	220	720	940
JIGGERS (4)	220	820	1,040
ANGLADA	-	-	-
RAMA	-	-	-
VAPOR	-	1,000	1,000
Oficinas, fábrica en general y tratamiento de efluentes	180	-	180
TOTAL:	3,190	5,810	9,000

Fuente: Luetic, 2010

1.2.3 La industria textil

Es un sector económico de producción de ropa, tela, fibra, o diversos accesorios entre otros. **Proceso productivo de la industria textil. –**

Recolección de la materia prima. – El inicio del proceso productivo se da por la recolección del material (material primo), la cual proviene de diferentes fuentes: entre ellas la natural (proveniente del animal o vegetal) y la artificial también conocida como la sintética o la no natural. El Perú tiene ventaja antes otros mercados internacionales debido a la etapa de la cadena. (PRODUCE, 2015).

Preparación de fibras. -

En este proceso la materia prima de origen natural como las fibras de algodón que proviene de los ovinos o auquénidos, pasan al proceso de limpieza (en otros casos se da el teñido en este proceso). Para las fibras artificiales no se realiza el proceso de selección, se procede al cortado y las mezclas del color. Luego se da el proceso del cardado y peinado (etapa muy importante para la hiladura). Para la hiladura se usa máquinas que desgarran los flocones de fibras que se encuentran en un cilindro, estas se desprenden y forman luego como un velo al reunirse, luego son condensados para que pueda formar como una cinta en la salida de la carda, siendo esta etapa de suma importancia en la fibra de algodón, teniendo como finalidad depurar y separar como parte final las suciedades. (PRODUCE, 2015).

La hilandería. –

Después de realizado la selección, la combinación y el tratamiento de las fibras se da el hilado, reduciendo la mecha (también conocida como cardada o peinada) llevándolo a tener un grado de finura manejable, brindándole torsión y tensión indispensables para tener una buena resistencia además de la finura. Al hilar este se hace enrollándolo de diferentes formas (bobinas cilíndricas o carretes). (PRODUCE, 2015).

Tejeduría

La tejeduría se da entrelazando los hilos longitudinales (urdimbre) y el hilo transversal (trama) formándose así una tela. Los hilos pueden ser tejidos en telares (lanzaderas) que tienen como producto tejidos planos o en máquinas de forma circular que forman tejidos de punto. Los tejidos planos pasan por el proceso de quemado que consiste en eliminar las pelusas y cascarillas para obtener un tejido uniforme. Luego se da la limpieza de la tela dándole un acabado de forma básica que incluye el mercerizado (estiramiento del tejido bajo la tensión) que brinda resistencia, afinidad y lustre de los colorantes. El descruce consiste en la remoción de las impurezas adheridas en la fibra. (PRODUCE, 2015).

Proceso de teñido de la fibra de algodón

Este proceso se da entre el contacto de la materia textil y el colorante, en donde este proceso se da entre el contacto de la materia textil y el colorante, en donde este último es absorbido por la fibra de tal manera que esta pone una resistencia a regresar el colorante que se ha absorbido. La estructura molecular de los dos materiales (fibra textil y colorante) forma clave importante para la energía de unión, mientras más adherida se encuentra el colorante al interior de la fibra es cuando se da una unión mucho más íntima, esto debido a la a que las moléculas agrupadas forman polímeros de forma lineal. Además, los colorantes pasan por las moléculas de la materia textil que no se encuentran ordenadas (espacios regulares), de forma general la tinturación se da en medio acuoso debido a que cuando una materia textil se introduce en agua tiene la propiedad de hincharse esto por los grupos hidrofílicos que contiene esta molécula. (QUIROA, 2012).

Estructura de la fibra de algodón

La fibra de algodón contiene un 96% de celulosa, y también otros componentes, que son removidos en los procesos previos al teñido. La siguiente tabla menciona e indica la composición natural del algodón. (SAREX, 2015).

FIGURA N°4. COMPOSICIÓN NATURAL DEL ALGODÓN

	Fibra Completa	Pared Principal
Celulosa	88.0 – 96.0	52
Pectina	0.7 – 1.2	12
Cera	0.4 – 1.0	7
Proteínas	1.1 – 1.9	12
Ceniza	0.7 – 1.6	3
Otros componentes orgánicos	0.5 – 1.0	14

Fuente: SAREX, 2015.

Colorante:

En la industria textil existen dos tipos de colorantes los dispersos y reactivos.

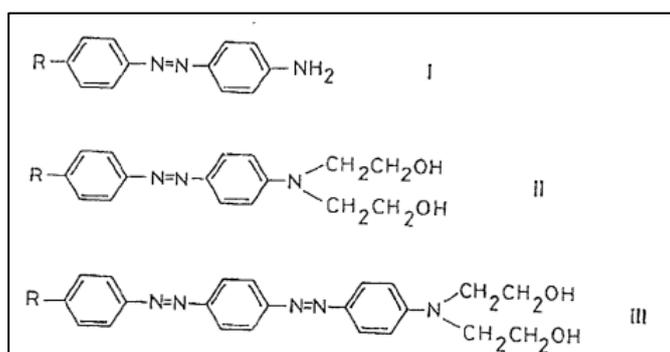
Colorante Disperso

El colorante disperso tiene una estructura no iónica, esto hace que sea más o menos insolubles en el agua, estas son para teñir las fibras sintéticas, su aplicación se da en forma de suspensiones acuosas finas.

Estructura

En la siguiente figura podemos observar que el grupo I es poco soluble al igual que el del grupo II siendo así no son absorbidos por la fibra, el grupo III es soluble teniendo así mejores solidesces. (Aragón, 2012)

FIGURA N° 5 ESTRUCTURA DE COLORANTE DISPERSOS



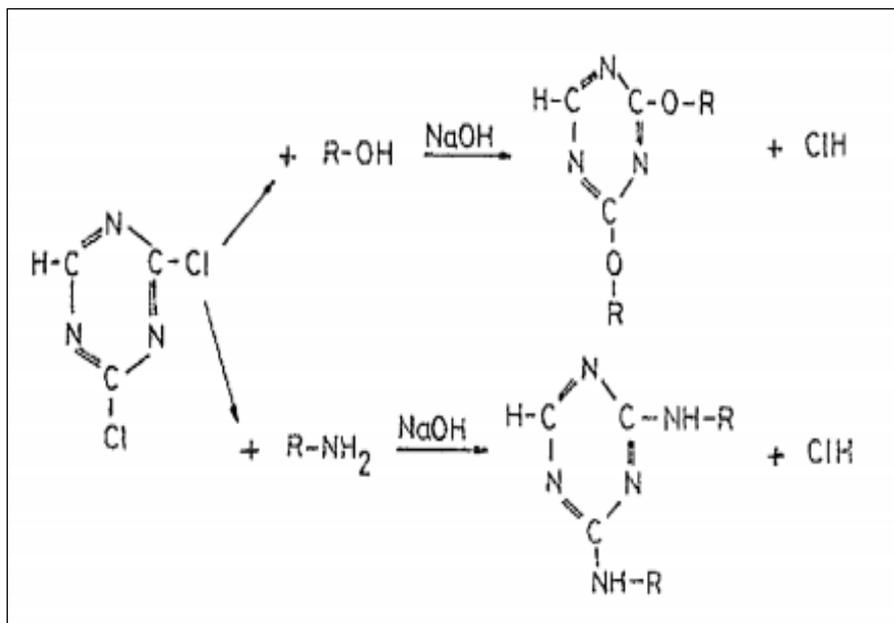
Fuente: (ARAGON, 2012).

Colorante Reactivo

El colorante reactivo contiene un grupo llamado diclorotriazina, estas tienen la capacidad de formar enlaces covalentes con la fibra en un medio de tipo alcalino con temperaturas con valor entre 40 y 80 °C, esto hace que el teñido de esta fibra presente un buen brillo y una buena solides.

La gran ventaja que tienen los colorantes reactivos es que sus estructuras químicas son simples a diferencia de otros colorantes, el espectro de absorción que estas poseen indica unas bandas estrechas de absorción quedando el teñido mucho más brillante. La estructura de estos colorantes es azoicos, vinisulfónicos, tricloropirimidínicos, de ftalocianina y antraquinona, que tienen un carácter aniónico, además son solubles en agua.

FIGURA N° 6: DERIVADOS DE LA DICLOROTRIAZINA



Fuente: (ARAGON, 2012).

1.3 CALIDAD DE TEÑIDO

La calidad del teñido se define a través de la solidez, siendo esta una propiedad importante. La solidez establece o indica la resistencia que tiene la fibra teñida a cambiar por otro color o perder parte de la intensidad del color luego de pasar por agentes externos. Existen diferentes normativas de solidez, que establecen condiciones de calidad. (GINUMA, 2014).

Solidez

Esta indica la resistencia del color de las fibras que son teñidas en el área de textil, esta resistencia es a diferentes agentes a las que se encuentra expuesta esta fibra en la realización de su fabricación y su uso. Los ensayos de laboratorio simulan situaciones en las que la fibra se encuentra en donde se mide el colorante y sus pérdidas, como lavados, frote, transpiración, entre otras. (COLTEJER).

La solidez del color a la luz (20 AFU, opción 3) AATCC 16.3.

La solidez de color ante la luz maneja procedimientos para todo tipo de fibras textiles y colorantes, tiene acabados y tratamientos. (QUALITY, 2017).

Solidez al lavado con agua

La solidez al lavado es uno de los procedimientos más importantes entre las otras para poder ver la calidad de teñido. Hay 5 tipos normalizados considerando al primer ensayo el lavado doméstico y los otros ensayos a lavados industriales, en la siguiente tabla se puede observar estas características.

FIGURA N° 7: PARÁMETROS DE ENSAYOS DE SOLIDEZ

ensayo	1	2	3	4	5
Jabón g/l	5	5	5	5	5
CO ₃ Na ₂ g/l	-	-	2	2	2
T °C	40	50	60	95	95
Tiempo	30'	45'	30'	30'	4 h
Acción Mecánica	Normal			Enérgica: añadiendo 10 billas por probeta (r = 3)	
Testigos	Celulósicas y Proteicas			Celulósicas	

Fuente: (ARAGON, 2012).

Solidez al frote

Es un método de ensayo que está diseñado para identificar la cantidad de color que se transporta de la superficie de la fibra textil teñida a otras superficies, esto por medio de la frotación. Este método se aplica a todos los materiales textiles elaborados que pasan por el proceso de teñido, coloreado o estampado.

El color que se desprendió de la fibra textil a la fibra de ensayo blanco después de aplicar la solidez al frote, es evaluado comparándolo con la escala de grises de la transferencia de color que es un procedimiento de evaluación (AATCC 2 4873-3), también puede ser comparada con una escala de la transferencia cromática que contiene 9 pasos (Procedimiento de Evaluación AATCC) o la evaluación instrumental del grado de la transferencia del color (Procedimiento AATCC 12 o NTC 4873-4) asignándole una calificación. (INCONTEC, 2017).

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 Problema general. –

¿El teñido de algodón usando dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperaturas y cantidades de agua tiene una buena calidad de teñido?

1.4.2 Problemas específicos. –

¿Cuál es la temperatura y la cantidad de agua ideal para teñir algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y cantidades de agua a nivel de laboratorio?

¿Cuáles son las condiciones de operaciones para teñir algodón con dióxido de carbono a diferentes temperaturas y cantidades de agua a nivel de laboratorio?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Esta investigación busca proponer otro tipo de metodología para el teñido de fibra de algodón usando menores cantidades de agua, ya que actualmente se vive una mala gestión por el uso de grandes cantidades de agua por parte de las industrias textiles, esta investigación busca la eficiencia en el uso del agua a partir del uso de tecnologías que tengan una gestión adecuada en los procesos de las actividades industriales del sector textil, más aun en el proceso de teñido ya que es esta la que consume grandes cantidades de agua y a la vez genera aguas residuales.

Se propone el uso de dióxido de carbono para teñir fibras de algodón usando pocas cantidades de agua con el objetivo de obtener una buena calidad de teñido y de esta manera se estaría demostrando que el uso de dióxido de carbono en este proceso usa reducidas cantidades de agua de las que se usa normalmente en la etapa del teñido de las industrias del sector textil.

Por tanto, esta investigación pretende contribuir con conocimientos basándose en información teórica; para estudiantes, profesionales e investigadores que buscan hacer frente al mal uso de sistemas de agua y a

los problemas ambientales, que a la vez permitirá optar por alternativas que busquen un impacto positivo en los problemas ambientales del uso del agua y generación aguas residuales en el sector textil, posteriormente servirá como referencia a próximas investigaciones.

Además, con esta investigación se logrará ampliar conocimientos sobre esta metodología que usa menor cantidad de agua para poder llevarla a plantas piloto, donde surgirán nuevas investigaciones y aportes, teniendo un impacto positivo para investigaciones que buscan una gestión sostenible con el uso del agua.

1.6 HIPÓTESIS

1.6.1 General

HO. - El teñido de algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua no tiene una buena calidad de teñido.

H1.- El teñido de algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua tiene una buena calidad de teñido

1.6.2 Hipótesis específicos

HO. - La temperatura y la cantidad de agua que se usa en teñido de las muestras de fibras de algodón con dióxido de carbono usando diferentes magnitudes de temperatura tienen no tienen relación entre sí.

H1.- La temperatura y la cantidad de agua que se usa en teñido de las muestras de fibras de algodón con dióxido de carbono usando diferentes magnitudes de temperatura tienen relación entre sí.

HO. - Las condiciones de operaciones en el teñido de fibra de algodón con dióxido de carbono usando diferentes magnitudes de temperatura y agua no tienen relación entre si

H1.- Las condiciones de operaciones en el teñido de fibra de algodón con dióxido de carbono usando diferentes magnitudes de temperatura y agua tienen relación entre sí.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 General. –

Determinar la calidad de teñido de algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y cantidades de agua

1.7.2 Específicos. –

Determinar la temperatura y la cantidad de agua ideal para teñir con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua a nivel de laboratorio.

Determinar las condiciones de operaciones en el teñido de fibra de algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua a nivel de laboratorio.

II. MÉTODO

2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN. –

2.1.1 Tipo

El tipo de investigación es aplicada debido a que la investigación cuenta con una base información o conocimientos teóricos, para poder ser realizada. (Baray,2011).

2.1.2 Diseño

El diseño de este trabajo de investigación es experimental debido a que se manipulo las variables independientes.

2.2 Variables, Operacionalización. –

Variable independiente: Dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua.

Variable dependiente: Calidad de teñido de algodón.

Tabla N° 1: Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
DEPENDIENTE Calidad de teñido de algodón	Una propiedad a estudiar en los textiles después del teñido es la solidez ésta establece la resistencia que presenta el sustrato teñido, a cambiar su color o perder la intensidad luego de ser sometida a agentes externos. Existen diferentes normativas de solidez, que establecen condiciones de calidad. (GINUMA,2014).	La calidad del teñido de algodón es medida por ensayos de solidez, estas son pruebas que se realiza en laboratorio, en donde la muestra es sometida a agentes externos para comprobar la resistencia del color que esta presenta, como consecuencia de la metodología para su teñido.	Agua en el proceso de teñido (muestra:15 gr)	Cantidad de agua en el proceso de teñido convencional a nivel laboratorio	ml
				Cantidad de agua en el proceso de teñido con dióxido de carbono a nivel laboratorio	ml
			Temperatura	Diferentes magnitudes	°C
			Cantidades de agua	Diferentes cantidades	mL
			Característica del teñido	Solidez al lavado	
INDEPENDIENTE Dióxido de carbono a diferentes magnitudes de Temperatura y agua	Gas licuado, incoloro con un leve sabor ácido al respirarlo. Durante la expansión el dióxido de carbono puede enfriarse por debajo de la temperatura de sublimación. Esto resulta en CO2-nieve (hielo seco). (DIN EN ISO 14175, (s.f))	El dióxido de carbono actúa como solvente para poder realizar el proceso de teñido de algodón	Condiciones de operaciones	Presión	Bar
				Tiempo	h
			Dióxido de carbono	Cantidad	gr
			Alcalígeno	cantidad	mL
			Colorante	Cantidad	gr

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.3 POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO

2.3.1 Población. –

La población está conformada por 2 m por 1 m de tela de algodón blanqueado.

2.3.2 Muestra. –

La muestra está conformada por un grupo de 15 muestras de tela de algodón (fibra de algodón), blanqueadas, con medidas de 15 por 20 cm con peso de 15 gr.

2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad de diseño:

2.4.1 Técnica e instrumentos de recolección de datos:

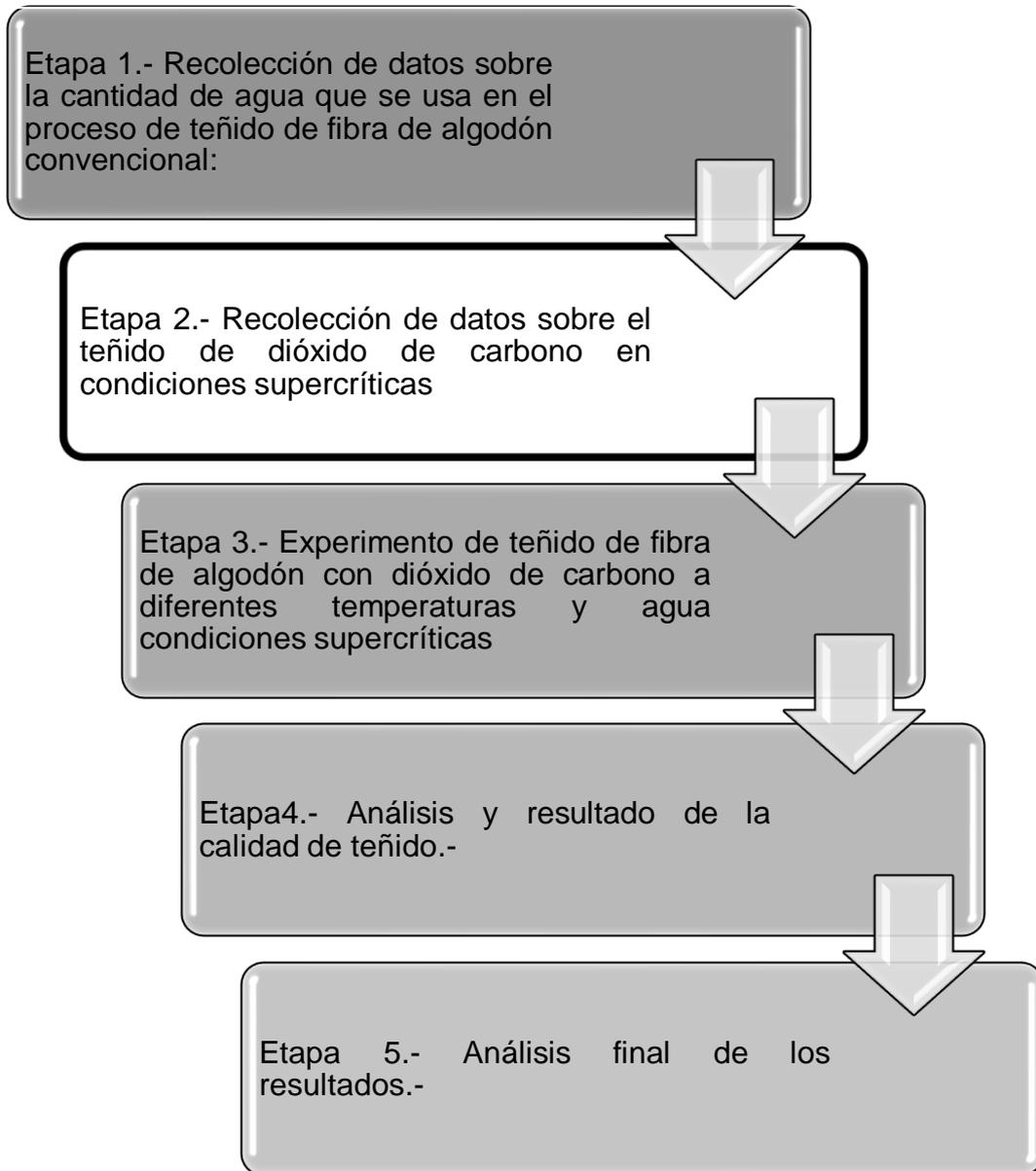
El desarrollo de esta investigación se empleó la observación científica que tiende a ser cuantitativa. En la tabla N° 2 se detallan las técnicas e instrumentos que se utiliza durante el desarrollo de la investigación.

Tabla N° 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Recolección de datos sobre la cantidad de agua que se usa en el de teñido de algodón a nivel de laboratorio (Muestra 15 gr)	Bibliográfica	Observación Científica	Ficha de recolección de datos (Anexo1)	Cantidad de agua que se usa en el proceso de teñido
Recolección de datos sobre el teñido de dióxido de carbono en condiciones supercríticas	Bibliográfica	Observación Científica	Ficha de recolección de datos (Anexo 2)	Temperatura, presión, propiedades solventes
Teñido de fibra de algodón con dióxido de carbono	Laboratorio	Experimental	Ficha de control (Anexo 3)	Temperatura, presión, tiempo, cantidad de dióxido de carbono
Análisis y resultado de la calidad de teñido	Laboratorio acreditado	Observación Científica	Ficha de resultados (Anexo 4)	Análisis final de laboratorio
Análisis final de los resultados	Resultados del laboratorio acreditado	Observación Científica	Programa de análisis estadístico	Resultados del análisis estadístico

Fuente: Elaboración propia 2018

Figura N°8. El procedimiento empleado en la investigación se muestra en la siguiente figura



Fuente: Elaboración propia 2018

Etapa 1.-

Recolección de datos sobre la cantidad de agua que se usa en el proceso de teñido de fibra de algodón en la industria textil:

- Se recolecto datos sobre la cantidad de agua que se usa o ingresa en el proceso de teñido de algodón, esto mediante revisión bibliográfica y entrevista realizada a Ing. químicos especialistas en el área de teñido.

Para Xicota (2015). La industria textil consume una gran cantidad de agua en sus operaciones de teñido y acabado. Se estima que se usan alrededor de 100 a 150 litros de agua para procesar un 1kg de material textil y para Tinoco Et. ál. (2011). El teñido con colorantes reactivos usa entre 125 y 170 litros de agua por kilogramo de producto.

Para la Ing. Raquel Canchari de la industria Consorcio de teñidos industriales COTEINSAC. (2018), solo para el proceso de teñido de tela de algodón 1 kg se usa un total de 78 Litros de agua, y normalmente en planta se tiñe 56 kg de tela de algodón. A nivel laboratorio para una tela de 15 gr de tela de algodón se usa 170 mL, muy aparte del lavado que se le realiza a este mismo.

Etapa 2.-

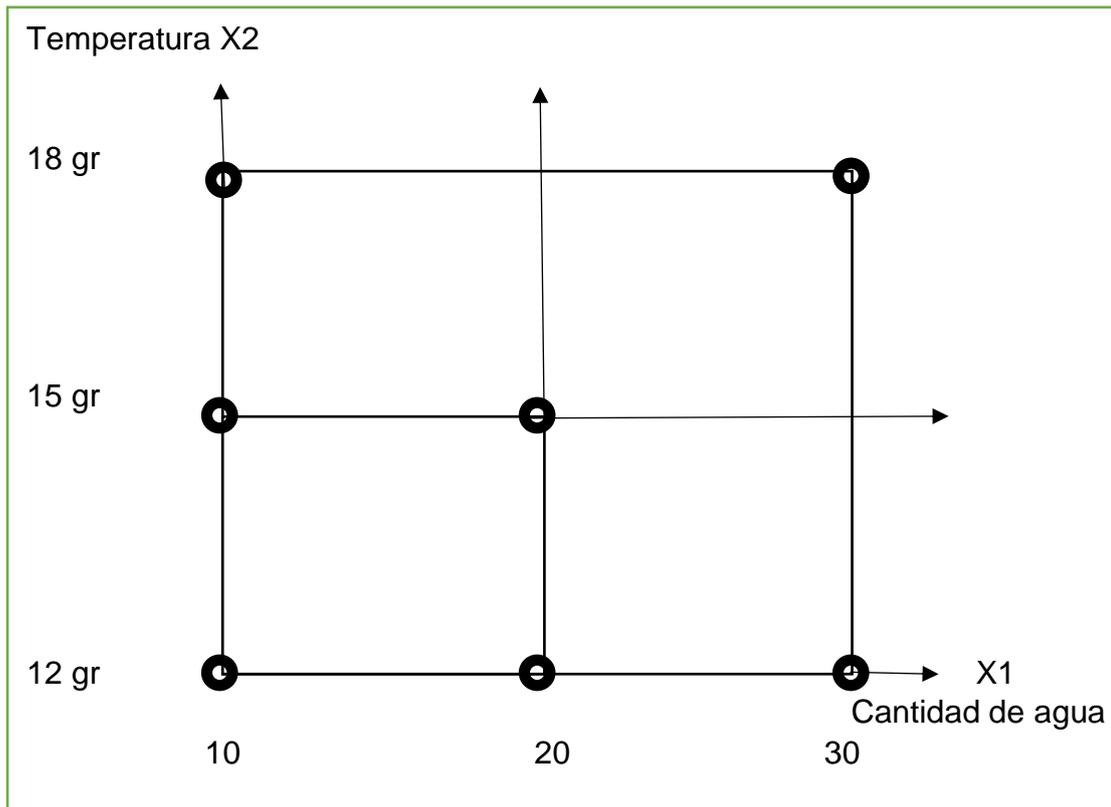
Recolección de datos sobre el teñido de dióxido de carbono en condiciones supercríticas

El teñido textil de algodón en condiciones supercríticas con CO₂ es una alternativa viable con el medio ambiente ya que esta actúa como disolvente limpio con el colorante que hará posible el teñido de dicha fibra, además permite el ingreso del colorante hacia las celdas de la fibra.

Etapa 3.-

Experimento de Teñido de fibra de algodón con dióxido de carbono a diferentes temperaturas y cantidades de agua a nivel laboratorio

Preparación del diseño experimental (Diseño factorial) Figura N° 09



Fuente: Propia 2018

En la tabla N° 2, se muestran las variables codificadas X1 indica la temperatura y X2 indica la cantidad de agua en mL, y Y es la solidez al lavado (índice de manchado).

Tabla N° 3 Medidas de la muestra diseño

N° MUESTRAS	X1	X1	Y
M1	12	10	
M2	18	10	
M3	12	30	
M4	18	30	
M5	15	20	
M6	15	20	
M7	15	20	
M8	15	20	
M9	15	20	
M10	12	5	
M11	24	5	
M12	24	30	
M13	18	13	
M14	18	13	
M15	18	13	

Fuente: Propia 2018

X1= Temperatura (T°)

X2= Agua (mL)

Y= Solidez

TABLA N° 4 Medidas de la muestra total

N° Muestras	Temperatura (T°)	Presion (bar)	Agua (mL)	Colorante (gr)	Alcaligeno	Hielo seco (gr)	Tiempo	Solidez (Indice de manchado)
M1	12		10	0.1	2 mL	25	1/2 h	
M2	18		10	0.1	2 mL	25	1/2 h	
M3	12		30	0.3	2 mL	25	1/2 h	
M4	18		30	0.3	2 mL	25	1/2 h	
M5	15		20	0.2	2 mL	25	1/2 h	
M6	15		20	0.2	2 mL	25	1/2 h	
M7	15		20	0.2	2 mL	25	1/2 h	
M8	15		20	0.2	2 mL	25	1/2 h	
M9	15		20	0.2	2 mL	25	1/2 h	
M10	12		5	0.05	2 mL	25	1/2 h	
M11	24		5	0.05	2 mL	25	1/2 h	
M12	24		30	0.3	2 mL	25	1/2 h	
M13	18		13	0.13	2 mL	25	1/2 h	
M14	18		13	0.13	2 mL	25	1/2 h	
M15	18		13	0.13	2 mL	25	1/2 h	

Fuente: Elaboración propia

➤ **Ensamblaje del equipo supercrítico**

Se utilizó un tubo de material de aluminio, de medidas de 30 cm por un diámetro de 17 cm, junto con una válvula de gas, con nanómetro, una termocupla, dimmer y una resistencia.

➤ **Prueba preliminar del equipo supercrítico**

Para poder realizar el teñido con CO₂, se realizó primero la prueba preliminar de seguridad del equipo, junto con el hielo seco.

Figura N°10 Equipo supercrítico



Fuente: Elaboración propia 2018

Figura N° 11 Experimentación con Hielo seco



Fuente: Elaboración propia 2018

➤ **Preparación de la muestra a teñir. -**

La muestra está compuesta por 15 submuestras. Que son fibras de algodón blanqueadas, de medidas de 20 cm por 10 cm, con peso de 15 gr.

➤ **Mezclado de catalizador y colorante. -**

Se mezcló agua, colorante, luego se le adiciono el alcalígeno, de acuerdo con la tabla N° 4 Medidas de la muestra total, para cada una de las muestras.

Figura N° 12 Colorante reactivo NOVACROM S 3B Rojo Rubí



Fuente: Elaboración propia 2018

Figura N° 13 ALCALI ALBATEX



Fuente: Elaboración propia 2018

➤ **Alimentación de Dióxido de carbono al recipiente junto con la muestra a teñir.-**

El equipo supercrítico fue alimentado por 25 gr de hielo seco junto con la muestra y la mezcla del catalizador con el colorante, con agua según la tabla N°4 para cada una de las muestras.

➤ **Cierre del recipiente. -**

Luego se prosigue con el cierre del recipiente y alimentación de calor hasta alcanzar la temperatura prevista, posterior a ello se mide el tiempo según establecido en el diseño experimental.

Figura N° 14 Cierre del recipiente



Fuente: Elaboración propia 2018

➤ **Apertura de la válvula de control. -**

Se realiza la apertura de la válvula de control para extraer el dióxido de carbono, y reducir la presión, para luego poder obtener la muestra.

➤ **Descarga del recipiente. -**

Se descarga el recipiente y se recupera el tejido teñido para el control de calidad. (Solidez).

Figura N° 15 Recuperación del tejido teñido



Fuente: Elaboración propia 2018

Antes de haber realizado la solidez al lavado, se realizó el neutralizado y lavado de cada una de las muestras, estas se realizaron en el laboratorio de la industria COTEIN SAC.

Los análisis medidos son de solidez al lavado, esto fue realizado en el laboratorio de la Industria de telas COTEIN SAC, realizadas por la Ing. Química Raquel Canchari. Esta medición se llevó a cabo para las 15 muestras.

Etap 4.- Análisis y resultado de la calidad de teñido. -

Análisis de solidez. -

Las muestras teñidas fueron medidas en el laboratorio de la industria de tela COTEIN SAC, realizadas por la Ing. Química Raquel Canchari. El informe de la realización de medición de las muestras se encuentra reportados en el **Anexo IV**.

Se realizó la medida de la solidez al lavado (Índice de manchado), se realizaron 15 experimentos.

En la Tabla N° 5 Se representa los datos utilizados y el resultado de la medición de la solidez

Tabla N° 5 Presentación de Resultados de las muestras

N° Muestras	Temperatura (T°)	Presion (bar)	Agua (mL)	Colorante (gr)	Alcaligeno	Hielo seco (gr)	Tiempo	Solidez (Indice de manchado)
M1	12	37	10	0.1	2 mL	25	1/2 h	3
M2	18	44	10	0.1	2 mL	25	1/2 h	5
M3	12	40	30	0.3	2 mL	25	1/2 h	3
M4	18	48	30	0.3	2 mL	25	1/2 h	3
M5	15	42	20	0.2	2 mL	25	1/2 h	3
M6	15	41	20	0.2	2 mL	25	1/2 h	3
M7	15	44	20	0.2	2 mL	25	1/2 h	5
M8	15	42	20	0.2	2 mL	25	1/2 h	3
M9	15	41	20	0.2	2 mL	25	1/2 h	5
M10	12	40	5	0.05	2 mL	25	1/2 h	5
M11	24	48	5	0.05	2 mL	25	1/2 h	5
M12	24	45	30	0.3	2 mL	25	1/2 h	3
M13	18	44	13	0.13	2 mL	25	1/2 h	4
M14	18	44	13	0.13	2 mL	25	1/2 h	4
M15	18	42	13	0.13	2 mL	25	1/2 h	4

Fuente: Elaboración propia 2018

Etaapa 5.- Análisis final de los resultados. -

Una vez obtenido los datos de calidad de las muestras provenientes del laboratorio, estos son analizados estadísticamente, e análisis estadístico se realizó con el programa MATHCAD 4.0

2.4.2 Validez y Confiabilidad del Instrumento

La validación del instrumento fue validada por expertos en el tema de investigación la cual ya fue solicitada, ya que ellos evaluaron de manera individual criterios que cumplen con los objetivos de investigación, como claridad, objetividad, actualidad, organización, suficiencia, intencionalidad, consistencia, coherencia, metodología, pertinencia.

Alejandro Suarez Alvites (Ingeniero Químico)

Verónica Tello Mendevil (Ingeniera Química – CIP N ° 98633)

Alejandro Alcántara Boza (Ingeniero geógrafo)

La confiabilidad del instrumento se determinó en base al alfa de Cronbach, Los instrumentos utilizados son Recolección de datos sobre la cantidad de agua que se usa en el proceso de teñido de fibra de algodón en la industria textil (Ficha de recolección de datos Anexo1), Recolección de datos sobre

el teñido de dióxido de carbono en condiciones supercríticas (Ficha de recolección de datos Anexo 2), Teñido de fibra de algodón con dióxido de carbono a diferentes temperaturas y cantidades de agua. (Ficha de control Anexo 3), Análisis y resultado de la calidad de teñido (Ficha de resultados Anexo 4)

Figura N° 16

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	3	100,0
	Excluido	0	,0
Total		3	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Fuente: Elaboración propia 2018

Figura N° 17

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,850	10

Fuente: Elaboración propia 2018

La confiabilidad que se obtuvo fue de un 0.850, indicando un 85 %

2.5 Métodos de análisis de datos

El método de análisis de datos se dará por medio del análisis estadístico, trabajando con los resultados obtenidos en el programa Mathcat 4.0, donde se realizará la prueba de hipótesis

El método de análisis realizado en esta investigación fue el diseño factorial, esta requiere el desarrollo de un modelo de regresión múltiple de segundo orden, este modelo está representada en la siguiente ecuación.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_3 \cdot X_1^2 + \beta_4 \cdot X_2^2 + \beta_5 \cdot X_1 \cdot X_2 \dots\dots(1)$$

β_i Son los parámetros, que son determinados para poder reducir el valor del error a uno mínimo, usando un modelo teórico y comparado con el modelo medido experimentalmente.

Este diseño permite realizar el análisis de varianza ANOVA, esta representa los errores que se dieron en el experimento realizado.

El análisis de varianza usa el valor crítico que es representado por qF (1- α , GLN, GLD); donde α es la significancia (0.05) y el nivel de significancia es 1- α , el grado de significancia es el del 95 % de confianza para poder aceptar o rechazar la hipótesis nula.

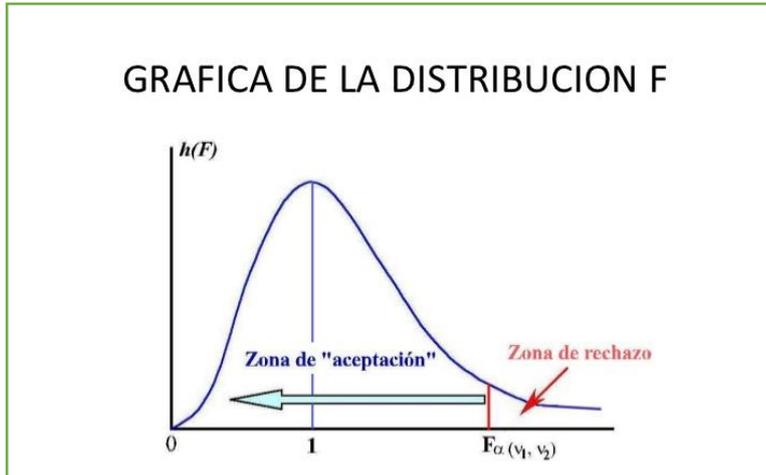
GLN son los grados de libertad que tiene relación con el modelo del error y esta se calcula por m- 1, donde m es el indica el coeficiente determinado para el modelo.

GLD son los grados de libertad del error experimental y se obtiene por n-m, donde n representa la cantidad de experimentos en número.

La razón F se compara con el valor crítico qF, para determinar si rechazar o aceptar la hipótesis nula, se rechaza la hipótesis nula cuando F es mayor que

qF: en otras situaciones se da que si F es igual a 1 entonces esto indica que no se puede aceptar o rechaza la hipótesis nula.

Fig. N° 18 Distribución Fisher



Fuente: Bautista (2013).

Los datos se comparan con el modelo teórico respecto del modelo del error experimental (Tabla N°6)

Tabla N°6 Análisis de varianza

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	Probabilidad
Modelo de regresión	m-1	SSREG	$\frac{SSReg}{m-1}$	$\frac{\frac{SSReg}{m-1}}{\frac{SSE}{n-m}}$	qF($\alpha, m-1, n-m$)
Error	n-m	SSE	$\frac{SSE}{n-m}$		
Total	n-1	SST			

Fuente: Montgomery, 2012

Las hipótesis nula y alternativa son:

H₀: Los parámetros

$$\beta_i = 0 \text{ para } i = (1; 5)$$

H₁:

$$\beta_1 \neq 0, \text{ o } \beta_2 \neq 0, \text{ o } \beta_3 \neq 0, \text{ o } \beta_4 \neq 0, \text{ o } \beta_5 \neq 0$$

La hipótesis nula (H₀) indica que los datos o los parámetros β son igual a 0, indicando que el modelo de segundo orden no es satisfactorio y que la variable dependiente no es función de las independientes. Esto indica que cualquier valor que adopte las variables independientes, la variable dependiente siempre será una constante. (Montgomery, 2012).

La hipótesis alternativa (H₁) indica que todos los parámetros β son diferente a 0, esto indica que el modelo de 2do Orden es satisfactorio y que la variable dependiente está en función de las independientes. (Montgomery, 2012).

El análisis ANOVA se define como la caracterización de todos los componentes que están en el error de la variabilidad de los datos. Sus componentes son:

- ❖ Fuente de error envuelto en el modelo de regresión SSReg
- ❖ Fuente de error experimental SSE
- ❖ Fuente de error total SST

Figura N° 19 Ecuaciones de la magnitud de los errores

$$SS_{reg} := \sum_{i=0}^{11} (y_{teorico}_i - \text{mean}(Y))^2 \quad (2)$$
$$SSE := SST - SS_{reg} \quad (3)$$
$$SST := \sum_{i=0}^{11} (Y_i - \text{mean}(Y))^2 \quad (4)$$

Fuente: Montgomery, 2012

Análisis estadístico

El análisis estadístico cuantifica las fuentes del error, se usó la distribución de Fisher, en la que se comparó 2 varianzas; Luego los resultados de ANOVA indicaran si rechazar la hipótesis nula o no con un nivel de confianza de 95%.

2.6 Aspectos Éticos

La realización de esta investigación no es copia de otro trabajo realizado. Se registró referencias bibliográficas que se usó en la teoría y que además fueron dando aportes a la parte experimental.

III. RESULTADOS

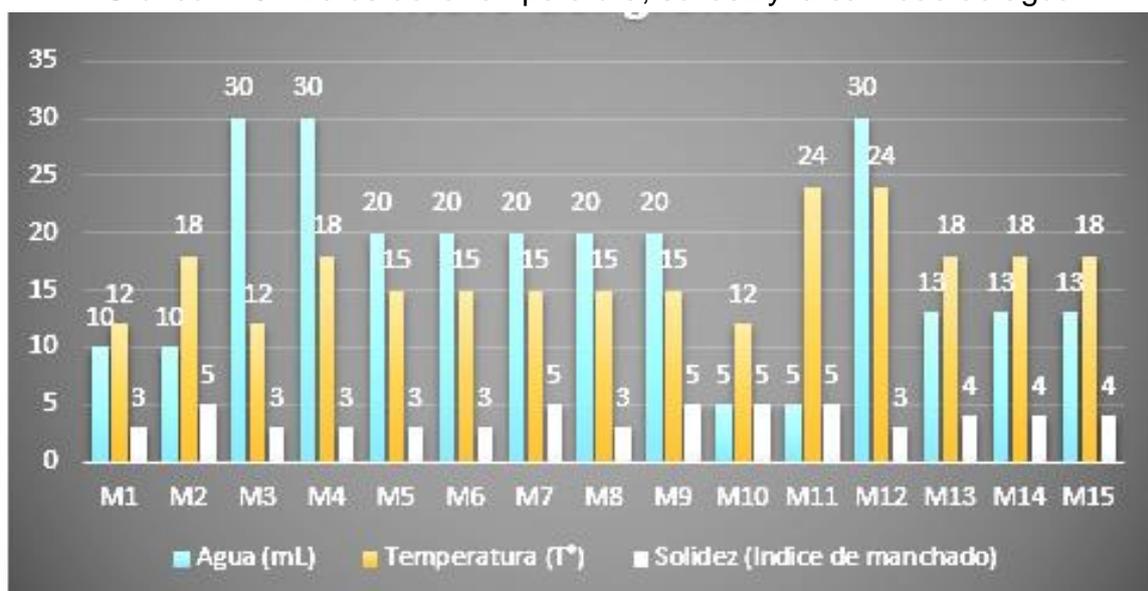
3.1 Determinación de la calidad de teñido (solidez)

Tabla N° 7. Contenido de agua, temperatura y solidez

N° Muestras	Agua (mL)	Temperatura (T°)	Solidez (Indice de manchado)
M1	10	12	3
M2	10	18	5
M3	30	12	3
M4	30	18	3
M5	20	15	3
M6	20	15	3
M7	20	15	5
M8	20	15	3
M9	20	15	5
M10	5	12	5
M11	5	24	5
M12	30	24	3
M13	13	18	4
M14	13	18	4
M15	13	18	4

Fuente: Elaboración propia 2018

Gráfico N°01 Datos de la temperatura, solidez y la cantidad de agua.



Fuente: Elaboración propia 2018

En la tabla N° 7, se muestran las temperaturas, cantidad de agua, y solidez de las muestras experimentadas, se pueden observar en las muestras que tiene mayor solidez con un valor de 5, son aquellas que donde se tiene mayor temperatura con menor cantidad de agua.

Se rechaza la **HO** “El teñido de algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua no tiene una buena calidad de teñido” y se acepta la **H1** “El teñido de algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua tiene una buena calidad de teñido”

Modelo de análisis de varianza

El análisis de varianza del modelo de segundo orden donde Y es la solidez (calidad de teñido) procesada, X1 es la temperatura y X2 es la cantidad de agua ingresada en este proceso y el Y teórico son los datos obtenidos usando el modelo de regresión de 2do orden.

Los datos dentro de los vectores están mostrados según el orden establecidos en el diseño experimental.

$$\begin{matrix}
 X_1 = & \begin{matrix} 12 \\ 18 \\ 12 \\ 18 \\ 15 \\ 15 \\ 15 \\ 15 \\ 15 \\ 15 \\ 12 \\ 24 \\ 24 \\ 18 \\ 18 \\ 18 \end{matrix} & X_2 & \begin{matrix} 10 \\ 10 \\ 30 \\ 30 \\ 20 \\ 20 \\ 20 \\ 20 \\ 20 \\ 20 \\ 5 \\ 5 \\ 24 \\ 30 \\ 13 \\ 13 \\ 13 \end{matrix} & y = & \begin{matrix} 3 \\ 5 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 5 \\ 3 \\ 3 \\ 5 \\ 5 \\ 3 \\ 3 \\ 4 \\ 4 \\ 4 \end{matrix} & = &
 \end{matrix}$$

$$y_{\text{modelo}} := \begin{pmatrix} 3.801 \\ 4.691 \\ 2.913 \\ 3.603 \\ 3.384 \\ 3.384 \\ 3.384 \\ 3.384 \\ 3.384 \\ 4.675 \\ 5.331 \\ 3.069 \\ 4.262 \\ 4.262 \\ 4.262 \end{pmatrix}$$

La inversa de una matriz determina el modelo de segundo orden, usando algebra de matrices.

$$\beta = X^{-1} \cdot Y1 \tag{5}$$

En la ecuación anterior (5), β representa el vector que contiene los coeficientes de la regresión que se muestran en la ecuación (6). X son los coeficientes de 6 ecuaciones linealmente independientes que son para hallar los parámetros de β , y la inversa de esta se encuentra representada en la ecuación (5). La Y es el vector que contiene los valores numéricos.

La regresión de Segundo Orden se representa mediante la ecuación (6)

$$y_{\text{modelo}}(x1, x2) := 0.158 + 0.675 \cdot x1 - 0.233 \cdot x2 - 0.017 \cdot x1^2 + 5.215 \times 10^{-3} \cdot x2^2 - 1.668 \times 10^{-3} \cdot x1 \cdot x2$$

$$y_{\text{modelo}}(12, 30) = 2.913 \tag{6}$$

Dónde

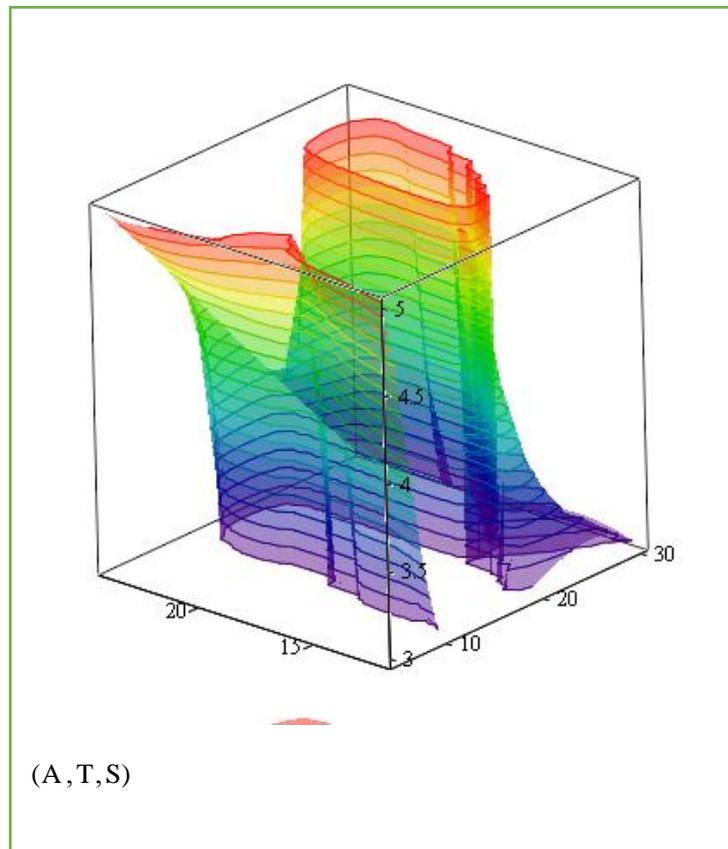
Y representa la solidez, realizada a las muestras

X1 representa la T°

X 2 representa la cantidad de Agua (mL)

A continuación, se muestra la gráfica de los resultados experimentales, dadas en 3 dimensiones

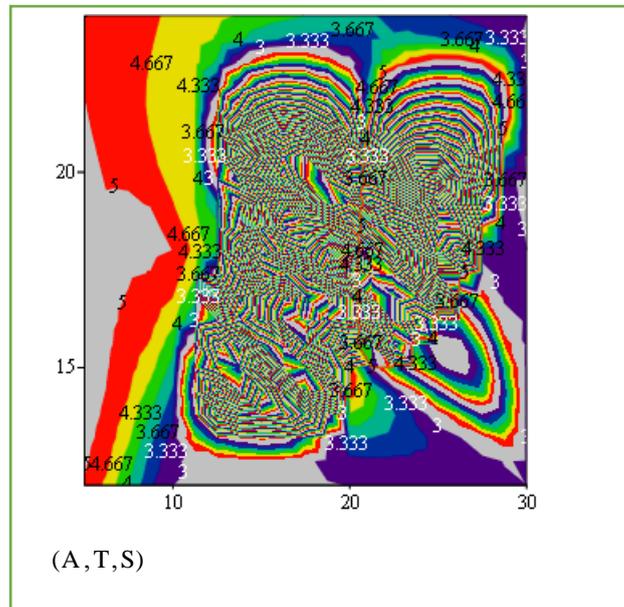
Gráfico N°2: Efecto de la T°, la cantidad de Agua y la solidez en el proceso de teñido con dióxido de carbono.



Fuente: Elaboración propia 2018

Podemos observar el gráfico N°2 que en el eje Z se encuentra la solidez de las muestras, en el eje X se observa la temperatura y en el eje Y la cantidad de agua en mL

Gráfico N° 3 Efecto de la T°, la cantidad de agua y la solidez en el proceso de teñido alrededor de condiciones supercríticas, vista de la parte alta.



Fuente: Elaboración propia 2018

Las segundas derivadas de una función son positivas cuando estas son igualadas a 0, entonces la función toma un valor mínimo.

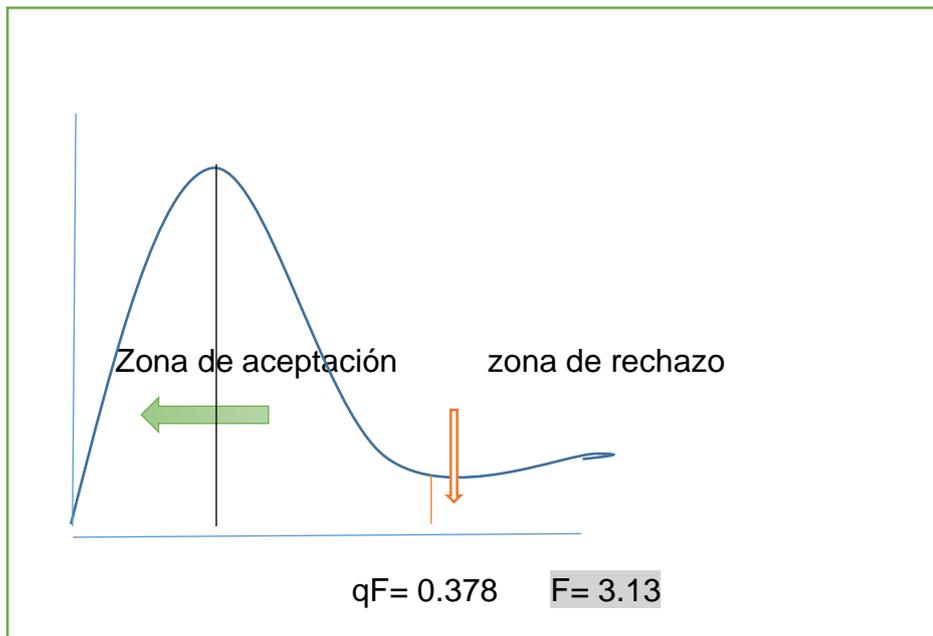
Tabla N° 8 Cálculos de análisis de varianza

FUENTE DE ERROR	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE LOS CUADRADOS	RAZON F	qF VALOR CRITICO
Modelo de regresión	6-1	6.941	1.388	3,129	0.378
Error	14-5	3.992	0.444		
Total	15-1	10.933			

Fuente: Elaboración propia 2018

En la Tabla N° 8 se observa los datos del análisis de varianza:

Valor crítico qF es 0.378 y la razón F es 3.129, obteniendo un F mayor a qF, entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la H_1 , indicando que existe relación entre las variables de temperatura (T°) y A (cantidad de Agua).



Fuente: Elaboración propia 2018

Coeficiente de correlación

$$\frac{SS_{Reg}}{SST} = \frac{6.941}{10.933} = 0.635$$

El coeficiente de correlación indica que el 63 % de los puntos de los experimentos están bien representados por la regresión

3.2 Determinar los valores óptimos o ideal de temperatura y agua para una mejor solidez

Los cálculos obtenidos de las segundas derivadas son positivos cuando se igualan a 0, esto hace que la función adopte o tenga un valor mínimo

En esta investigación se quiere una mejor solidez como valores de temperatura y cantidad de agua, para poder determinar si usando menos cantidad de agua se obtiene un teñido adecuado para el algodón, evaluamos la ecuación

$$y_{modelo}(x_1, x_2) := 0.158 + 0.675 \cdot x_1 - 0 \cdot x_2 - 0.017 \cdot x_1^2 + 5.215 \times 10^{-3} \cdot x_2^2 - 1.668 \times 10^{-3} \cdot x_1 \cdot x_2$$

$$\frac{d}{dx_1} y_{modelo}(x_1, x_2) \rightarrow -0.034 \cdot x_1 + -0.001668 \cdot x_2 + 0.675$$

$$\frac{d}{dx_2} y_{modelo}(x_1, x_2) \rightarrow 0.01043 \cdot x_2 + -0.001668 \cdot x_1$$

$$-0.034x_1 + -0.001668x_2 = -0.675$$

$$0.01043x_2 + -0.001668x_1 = 0$$

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 19.698 \\ 3.15 \end{pmatrix}$$

Dónde T = X₁ y Agua = X₂

Los valores óptimos de temperatura y agua para obtener una máxima solidez es de 19° con una cantidad 3 mL.

Se rechaza la H₀ La temperatura y la cantidad de agua que se usa en teñido de las muestras de fibras de algodón con dióxido de carbono usando diferentes magnitudes de temperatura tienen o no tienen relación entre sí y se acepta H₁.- La temperatura y la cantidad de agua que se usa en teñido de las muestras de fibras de algodón con dióxido de carbono usando diferentes magnitudes de temperatura tienen relación entre sí.

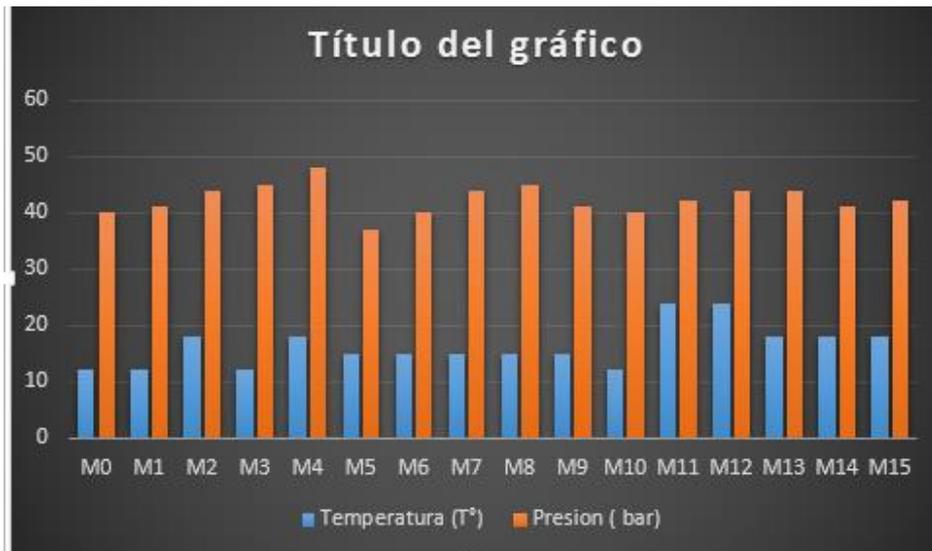
3.3 Determinar la relación de condiciones de operaciones

Tabla N° 9. Contenido de T° y Presión

N° Muestras	Temperatura (T°)	Presión (bar)
M1	12	37
M2	18	44
M3	12	40
M4	18	48
M5	15	42
M6	15	41
M7	15	44
M8	15	42
M9	15	41
M10	12	40
M11	24	48
M12	24	45
M13	18	44
M14	18	44
M15	18	42

Fuente: Elaboración propia 2018

Gráfico N° 02: Datos de temperatura y presión



Fuente: Elaboración propia 2018

En la tabla N° 9, se muestran las temperaturas y presiones que se obtuvieron en el desarrollo del experimento, se puede observar una relación entre temperatura y presión, a mayor temperatura mayor presión, esto quiere decir que se encuentran relacionados entre sí.

Se rechaza la HO. - Las condiciones de operaciones en el teñido de fibra de algodón con dióxido de carbono usando diferentes magnitudes de temperatura y agua no tienen relación entre sí y se acepta H1.- Las condiciones de operaciones en el teñido de fibra de algodón con dióxido de carbono usando diferentes magnitudes de temperatura y agua tienen relación entre si tienen relación entre si

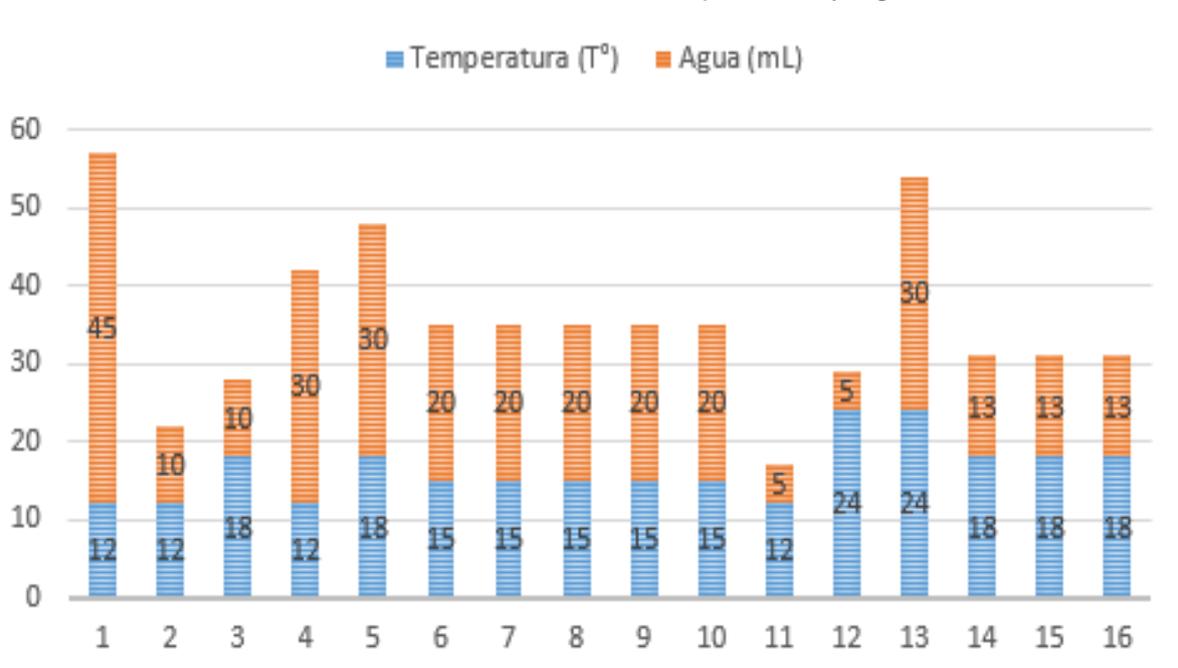
Interpretación de la cantidad de agua en el proceso de teñido

Tabla N°10 Contenido de T° y Agua

N° Muestras	Temperatura (°C)	Agua (mL)
M0	12	45
M1	12	10
M2	18	10
M3	12	30
M4	18	30
M5	15	20
M6	15	20
M7	15	20
M8	15	20
M9	15	20
M10	12	5
M11	24	5
M12	24	30
M13	18	13
M14	18	13
M15	18	13

Fuente: Elaboración propia 2018

Gráfico N° 02 Datos de la temperatura y agua



Fuente: Elaboración propia 2018

En la tabla N° 10 se muestran las temperaturas y las cantidades de agua que se realizó en cada muestra, los valores de cantidades de agua presentados son valores por debajo de 170 mL (valor que se usa en el teñido de algodón del proceso convencional a nivel laboratorio para una tela de 15 gr), esto indica que usando menores cantidades de agua con el uso de dióxido de carbono, se obtienen un teñido igual al del proceso convencional, indicando esto, que esta metodología usa menor cantidad de agua para poder teñir.

Porcentaje de eficiencia del uso de agua en el proceso de teñido con dióxido de carbono a diferentes temperaturas y agua a nivel laboratorio

Uso de agua Inicial (Industria Lab)

Uso de agua final (alrededor de csCO_2 (Lab))

$$E = \frac{\text{Uso de agua Inicial (Industria Lab)} - \text{Uso del agua final (alrededor de } \text{csCO}_2 \text{ (Lab))}}{\text{Uso de agua Inicial (Industria Lab)}} \times 100$$

Porcentaje del uso del agua en el proceso de teñido en muestras

Uso de agua Inicial (Industria Lab).- A nivel laboratorio para un teñido de 15g de tela de algodón se usa 170 mL de agua

Uso de agua final (alrededor de csCO_2 (Lab)).- En la realización de la parte experimental de este trabajo de investigación

$$E = \frac{\text{Uso de agua Inicial (Industria Lab)} - \text{Uso del agua final (alrededor de } \text{csCO}_2 \text{ (Lab))}}{\text{Uso de agua Inicial (Industria Lab)}} \times 100$$

- Muestra N° 2

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{170 \text{ mL} - 10 \text{ mL}}{170 \text{ mL}} \times 100 = 94 \%$$

Para la muestra N° 2, se obtuvo una eficiencia de 94 %

- Muestra N° 7 y N° 9 (M7, M9)

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{170 \text{ mL} - 20 \text{ mL}}{170 \text{ mL}} \times 100 = 88 \%$$

Para la muestra 7 y 9 se obtuvo una eficiencia de 88%

- Muestra N° 10 y N° 11 (M10 Y M11)

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{170 \text{ mL} - 5 \text{ mL}}{170 \text{ mL}} \times 100 = 97 \%$$

La eficiencia del uso del agua en el proceso a nivel laboratorio con CO₂ es de un 98 %

IV. DISCUSIÓN

En el trabajo de investigación de Van De Kraan. La temperatura utilizada fue de 116°C grados con una presión de 278 bar, con una pequeña cantidad de agua que funciona como potenciador, en esta investigación la temperatura máxima fue de 24 °C con una presión máxima de 48 bar, se puede observar una diferencia ya que la investigación de Van de Kraan pudo llegar a condiciones supercríticas, a diferencia del trabajo de investigación solo trabajo con valores alrededor de condiciones críticas. Además de ello la investigación de Van De Kraan no obtuvo un buen resultado en el teñido de algodón, la investigación realizada trabajo con algodón blanqueado además de trabajar las muestras con diferentes cantidades de agua junto con el hielo seco (CO₂) obtuvo un mejor resultado.

Beltrame (1998). Realizo el teñido de algodón con altas condiciones supercríticas, en su investigación se usó un químico glicol de polietileno con las que fueron tratadas las muestras antes del proceso de teñido, en la investigación realizada no se pre trato las muestras pero si se utilizó algodón blanqueado que es una fibra de algodón lista para pasar por el proceso de teñido, además se usó un alcalígeno que cumple un rol muy importante en el proceso de teñido como fijador, y el tiempo de teñido fue de media hora para las dos investigaciones. Las temperaturas y presiones utilizadas fueron diferentes, que se esperaba que en el tiempo de ½ hora pudiera aumentar la temperatura, en los dos trabajos se obtuvo una solidez al lavado de valor de 4 -5., siendo un buen resultado.

La investigación de Largo (2011). Realizo el procedimiento de su teñido de 1 a 5 horas, la investigación presentada solo realizo el teñido en un tiempo de media hora para todas las muestras.

La investigación de LARGO, JIA-JIE. Et al. (2012). Utilizo un catalizador conocido como el TEDA que es trietileno de diamina, que hace la función de alcalígeno y sal, en la investigación realizada se usó el alcalígeno pero no se usó sal u otro componente químico que hiciera el papel de la sal, esto porque

esta investigación no solo busca reducir la cantidad de agua sino que también reducir los componentes químicos que ingresan en dicho proceso, teniendo en claro que el CO₂ actúa como disolvente y actúa como el alcalígeno. El trabajo de Largo (2012). También uso colorante reactivo ya que el colorante reactivo interactúa mejor como el algodón, por tal razón dicha investigación uso colorante reactivo.

La investigación de Zheng Et al. (2016). Uso un equipo múltiple a escala industrial para tejido poliéster mientras que en esta investigación solo se realizó con un equipo para escala laboratorio, para algodón, en su teñido para poliéster obtuvieron muy buenos resultados en la solidez con valores de 4-5 y 5-6, el tiempo en la realización del experimento lo realizaron por una hora, este trabajo de investigación tuvo muestras con buenos resultados de 4 ,5.

La investigación de Zhang et al. (2017) se realizó usando diferente humedad del fluido y sus resultados mostraron viabilidad del procedimiento supercrítico con dióxido de carbono, en su investigación afirma que con el aumento de temperatura, presión y tiempo se obtiene mayor intensidad del color de las telas. En la investigación presentada no se pudo obtener una intensidad de color ya que se trabajó en menor tiempo que dicha investigación.

Sawada. Et al. (2002). Esta investigación uso un surfactante cotensioactivo, agua y colorante, esta investigación presentada no uso ningún surfactante ya que la finalidad también es evitar usas componentes químicos ya que se busca procesos sostenibles con el medio ambiente. Además, obtuvieron uno resultados no satisfactorios y esto por haber utilizado un colorante que tiene poca afinidad con el algodón, en esta investigación se usó colorante reactivo, estos tipos de colorantes tienen una alta afinidad con el algodón

Mario Fernández (2005).en esta investigación uso un equipo discontinuo conectado con un manómetro y una válvula de agua, uso una cantidad de 0.001 g de colorante disuelto en 50 mL de metanol, también se usó CO₂ en

líquido, la realización de este trabajo también uso también un equipo discontinuo con un manómetro y una válvula de gas, pero no uso el metanol, se usó un álcali, que es indispensable en todo proceso de teñido, ellos usaron CO₂ líquido, la investigación presentada uso hielo seco, donde se aumentó la temperatura con un calentador adicionado al equipo.

La investigación de Ying Yang. Et al. (2013) de teñido con dióxido de carbono supercrítico uso colorante reactivo por la afinidad con el algodón, esta investigación también uso el colorante reactivo por la misma razón, se trató de llegar a la temperatura y presión que este trabajo de investigación tenía en el tiempo de media hora, el diseño del equipo de la investigación realizada no permitió llegar a más altas condiciones. En las dos investigaciones se obtuvieron resultados de solidez con un valor de 5, la diferencia radica que este trabajo no utilizo cantidades de agua solo el dióxido de carbono en líquido a diferencia de este trabajo que utilizo hielo seco con agua, el hielo tiene temperaturas muy bajas, posible mente por esto no se dio el aumento de la temperatura.

V. CONCLUSIONES

El análisis de varianza confirma que el modelo de segundo orden relaciona la temperatura y la cantidad de agua, este análisis requiere de un valor crítico y este valor en esta investigación fue de 0.378 resultando mucho menor que la razón de varianza que obtuvo con un valor de 3.129, esto ayudo a rechazar la Hipótesis nula H_0 : El teñido de algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua no tiene una buena calidad de teñido y se acepta la Hipótesis alternativa H_1 : El teñido de algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua tiene una buena calidad de teñido, de esta manera se demuestra que el uso de dióxido de carbono en el teñido de algodón es un proceso adecuado, ya que obtuvo muestras que presenta una buena solidez con un valor de 5 siendo este valor alto, a una temperatura y uso de menores cantidades de agua de lo que normalmente se usa para teñir a nivel de laboratorio.

El modelo de segundo orden es necesario para poder realizar el análisis de varianza, además también se pudo encontrar los valores óptimos para una mejor solidez con dicha metodología. Las segundas derivadas de la ecuación de segundo orden, son las que indican estos valores óptimos (19°C y 3 mL).

Se obtuvieron mejor solidez en las muestras N° 2, 7, 9,10,11 con una temperatura de 18,15,15,12,24°C presión de 44,44,41,40,48 bar respectivamente, todo en un tiempo de ½ hora para cada muestra. Podemos observar que a mayor temperatura se obtiene mayor presión.

Se obtuvo como % de eficiencia del uso del agua en el proceso de teñido de algodón a nivel laboratorio con CO₂ con respecto del uso del agua con el proceso convencional a nivel laboratorio: valores para la muestra M2 de 94 %, M7 y M9 de 88%, M10 y M11 de 97 %, siendo estos valores importantes, ya que indica que este proceso podría ser adecuado para el proceso de teñido de las industrias textiles.

No se logró llegar a una temperatura y presión que la investigación de los autores mencionados en los antecedentes se utilizó, esto debido a que ellos usaron CO₂ líquido y en esta investigación se utilizó hielo seco y esta alcanza temperaturas de $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El álcali siempre está presente en el teñido con colorantes reactivos ya que esta forma una reacción química entre la tela y el colorante esto se da por un enlace covalente, en las industrias textiles además de usar álcalis usan la sal que hace posible un mejor teñido, entre otros agentes, este trabajo de investigación solo usó álcali aparte del colorante agua y hielo seco.

VI. RECOMENDACIONES

Utilizar CO₂ líquido para poder llegar a mayores temperaturas y presiones, y analizar los nuevos resultados, ya que esta investigación no llegó a condiciones muy altas.

Se debe realizar el neutralizado y lavado con jabón industrial a las muestras después del proceso de teñido para poder realizar el análisis de solidez al lavado ya que el proceso completo del sector industrial es realizado así.

Se debe medir muchos más factores como la realización del teñido por un periodo más largo al realizado, para poder observar cómo se comportan las condiciones que hace posible su teñido, esto debido a que mayor información recolectada el resultado que se busca obtener será más eficiente

Tener cuidado con el hielo seco ya que podría generar quemaduras por frío, por ello recomendable el uso de guantes y gafas.

Se recomienda analizar este método con diferentes tipos de fibras de algodón por tejido, ya que el trabajo que se realizó usó un tipo de fibra de algodón de tejido plano.

Se recomienda analizar este método utilizando sal ya que la sal es un aditivo importante que ingresa en el proceso de teñido de la industria textil, la investigación que se realizó no usó sal porque lo ideal no solo es reducir la cantidad de agua que se usa en el proceso de teñido, sino que además el ingreso de muchos más químicos, pero sería importante analizar su comportamiento en esta metodología presentada.

VII. REFERENCIAS

LARGO, Jia Jei. Et al. Teñido de tejido de algodón con un colorante de dispersión reactiva en dióxido de carbono supercrítico. China, 2012.

LARGO, Jia Jei. Et al. Las investigaciones sobre el teñido nivel de tejidos en dióxido de carbono supercrítico. China. 2012.

BELTRAME Pier Luigi. Et al. Teñido de algodón en dióxido de carbono supercrítico. Gran Bretaña, 1998.

HUANDA ZHENG. Et al. Un aparato a escala industrial de dióxido de carbono supercrítico y su teñido respetuoso con el medio ambiente. China, 2016.

VAN DER KRAAN, M. TEÑIDO DE TEXTILES CON DIOXIDO DE CARBONO SUPERCRITICO. HOLANDA, 2007.

COLTEJER. MANUAL DE CALIDAD TEXTILES. Colombia. (s.f).

UCM. Procesos con fluidos supercríticos. España, 2003.

ZHANG JUAN, Et al. Optimización de teñido reactivo respetuoso con el medio ambiente de telas de celulosa que utilizan fluido de dióxido de carbono supercrítico con diferente humedad. California: San Diego, 2017.

LIAO SHEN KUNG, PI SHIUM CHANG. Literaturas en técnica de teñido supercrítica con fluido de dióxido de carbono. China, 2012.

DE LA FUENTE FERNANDEZ. Análisis de varianza. Madrid. [En línea][Fecha de consulta: 4 de abril]. Disponible en: <http://www.estadistica.net/ECONOMETRIA/ANALISIS-VARIANZA/analisis-varianza.pdf>

PACHAS LJERKA. Repercusión ambiental del ahorro energético en el área de tintorería de una planta textil en lima metropolitana. Lima, 2010.

ZHENG Huanda, Et al. Un aparato de dióxido de carbono supercrítico múltiple a escala industrial y su producción de tintura ecológica. China, 2016.

SAWADA K. Et al. Teñido de fibras naturales en dióxido de carbono supercrítico utilizando un sistema miscelar inverso surfactante no iónico. Reino Unido, 2002.

ZHENG, Et al. Transferencia de rojo disperso 153 en dióxido de carbono supercrítico. China, 2016.

TAREK. Et al. Teñido respetuoso con el medio ambiente y acabado funcional de Nylon 6 utilizando dióxido de carbono supercrítico. Egipto, 2015.

Ying Yang. Et al. Cuerda de tela teñido en dióxido de carbono supercrítico para propósito comercial. China, 2013.

MARÍA FERNÁNDEZ. Teñido de algodón en dióxido de carbono supercrítico. España, 2005.

UCM. Avances investigativos en la producción de biocombustible: Producción de Biodiesel utilizando tecnología de fluidos supercríticos. España, Madrid, 2003.

PRODUCE. Industria textil y confecciones. Lima, 2015.

Aragón, Juan Carlos. Optimización y reducción de costos del proceso de teñido de tejidos de poliéster / algodón si alterar la solidez de lavado. Perú, Lima, 2012.

ANEXOS

ANEXO I.- MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DEFICION CONCEPTUAL	OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	METODOLOGIA
P.G:	O.G:	H.G:	V.D						
¿El teñido de algodón usando dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperaturas y cantidades de agua tiene una buena calidad de teñido?	Determinar la calidad de teñido de algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y cantidades de agua	El teñido de algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua tiene una buena calidad de teñido	Calidad de teñido de algodón	Una propiedad a estudiar en los textiles después del teñido es la solidez ésta establece la resistencia que presenta el sustrato teñido, a cambiar su color o perder la intensidad luego de ser sometida a agentes externos. Existen diferentes normativas de solidez, que establecen condiciones de calidad. (GINUMA,2014).	La calidad del teñido de algodón es medido por ensayos de solidez, estas son pruebas que se realiza en laboratorio, en donde la muestra es sometida a agentes externos para comprobar la resistencia del color que esta presenta, como consecuencia de la metodología para su teñido.	Agua en el proceso de teñido (muestra:15 gr)	Cantidad de agua en el proceso de teñido convencional a nivel laboratorio	mL	Enfoque: Cuantitativo Nivel:Experimental Diseño: Experimental
						Temperatura	Diferentes magnitudes	°C	
						Cantidades de agua	Diferentes cantidades	mL	
						Característica del teñido	Solidez al lavado		
P.E	O.E	H.E	V.I						
¿Cuál es la temperatura y la cantidad de agua ideal para teñir algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y cantidades de agua a nivel de laboratorio?	Determinar la temperatura y la cantidad de agua ideal para teñir con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua a nivel de laboratorio	La temperatura y la cantidad de agua que se usa en teñido de las muestras de fibras de algodón con dióxido de carbono usando diferentes magnitudes de temperatura tienen relación entre sí.	Dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua	Gas licuado, incoloro con un leve sabor ácido al respirarlo. Durante la expansión el dióxido de carbono puede enfriarse por debajo de la temperatura de sublimación. Esto resulta en CO2-nieve (hielo seco).(DIN EN ISO 14175,(s.f)	El dióxido de carbono actua como solvente para poder realizar el proceso de teñido de algodón	Condiciones de teñido	Presion	bar	Enfoque: Cuantitativo Nivel:Experimental Diseño: Experimental
							Tiempo	h	
¿Cuáles son las condiciones de operaciones para teñir algodón con dióxido de carbono a diferentes temperaturas y cantidades de agua a nivel de laboratorio?	Determinar las condiciones de operaciones en el teñido de fibra de algodón con dióxido de carbono a diferentes magnitudes de temperatura y agua a nivel de laboratorio.	Las condiciones de operaciones en el teñido de fibra de algodón con dióxido de carbono usando diferentes magnitudes de temperatura y agua tienen relación entre si					Dioxido de carbono	Cantidad	gr
							Alcalígeno	Cantidad	ml
							Colorante	Cantidad	gr

ANEXO II: FOTOS DE MUESTRAS DEL TEÑIDO

Fig. N° 20 Muestras del teñido



Fuente propia 2018

Figura N° 21 Muestras de teñido M0



Fuente propia 2018

Figura N° 22 Muestras de teñido M1



Fuente propia 2018

Figura N° 23 Muestras de teñido M2



Fuente propia 2018

Figura N° 24 Muestras de teñido M3



Fuente propia 2018

Figura N° 25 Muestras de teñido M4



Fuente propia 2018

Figura N° 26 Muestras de teñido M5



Fuente propia 2018

Figura N° 27 Muestra de teñido M6



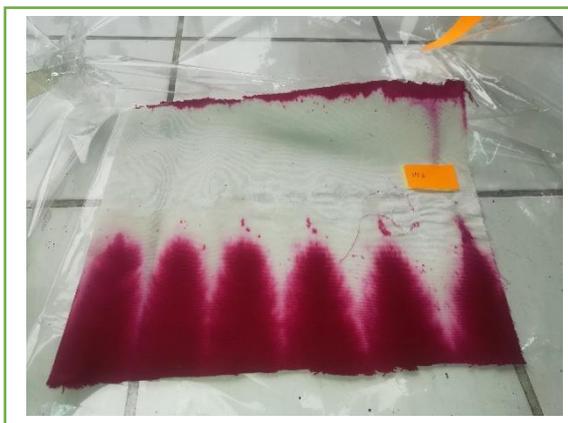
Fuente propia 2018

Figura N° 28 Muestra de teñido M7



Fuente propia 2018

Figura N° 29 Muestra de teñido M8



Fuente propia 2018

Figura N° 30 Muestra de teñido M9



Fuente propia 2018

Figura N° 31 Muestra de teñido M10



Fuente propia 2018

Figura N° 32 Muestra de teñido M11



Fuente propia 2018

Figura N° 33 Muestra de teñido M12



Fuente propia 2018

Figura N° 34 Muestra de teñido M13



Fuente propia 2018

ANEXO III. REALIZACIÓN DE LA SOLIDEZ AL LAVADO

Fig. N° 35 Muestras para solidez al lavado M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9.



Fuente propia 2018

Fig. N° 35 Muestras para solidez al lavado M10, M11, M12, M13, M14, M15



Fuente propia 2018

Fig. N° 36 SECADO DE LA MUESTRAS EN ESTUFA



Fuente propia 2018

Fig. N° 37 Solución de ácido acético con agua para el neutralizado



Fuente propia 2018

Fig. N°38 Jabón reactivo con muestra



Fuente propia 2018

Fig. N°39 Jabón reactivo con muestra al calor



Fuente propia 2018

ANEXO IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

N° Muestras	Temperatura (T°)	Presion (bar)	Agua (mL)	Colorante (gr)	Alcaligeno	Hielo seco (gr)	Tiempo	Solidez (Indice de manchado)
M1	12	37	10	0.1	2 mL	25	1/2 h	3
M2	18	44	10	0.1	2 mL	25	1/2 h	5
M3	12	40	30	0.3	2 mL	25	1/2 h	3
M4	18	48	30	0.3	2 mL	25	1/2 h	3
M5	15	42	20	0.2	2 mL	25	1/2 h	3
M6	15	41	20	0.2	2 mL	25	1/2 h	3
M7	15	44	20	0.2	2 mL	25	1/2 h	5
M8	15	42	20	0.2	2 mL	25	1/2 h	3
M9	15	41	20	0.2	2 mL	25	1/2 h	5
M10	12	40	5	0.05	2 mL	25	1/2 h	5
M11	24	48	5	0.05	2 mL	25	1/2 h	5
M12	24	45	30	0.3	2 mL	25	1/2 h	3
M13	18	44	13	0.13	2 mL	25	1/2 h	4
M14	18	44	13	0.13	2 mL	25	1/2 h	4
M15	18	42	13	0.13	2 mL	25	1/2 h	4

Fuente propia 2018

ANEXO V: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO

1.1. Apellidos y Nombres: Alejandro Suarez Muiter
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Anexo 1, 2, 3, 4
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Lizeth Alicia Trinidad Peña

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. SUFICIENCIA	Toma en cuanta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

100 %

Lima, 12/05 del 2018

Alejandro Suarez Muiter
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI N° 07106495 Telf.: 945-405-402

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO

1.1. Apellidos y Nombres: ... Alcántara Boza Alejandro
 1.2. Cargo e institución donde labora: ... Docente
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: ... Inico 1, 2, 3, 4
 1.4. Autor(A) de Instrumento: ... Lizeth Nueva Trinidad Ponce

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									✓				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

92 %

Lima, 10/05/18 del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI N° 9702477 Telf: 992102137

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO

1.1. Apellidos y Nombres: ... Verónica Tello Mendivil
 1.2. Cargo e institución donde labora: ... Coordinadora Académica
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: ... Anexo 1, 2, 3, 4
 1.4. Autor(A) de Instrumento: ... Lizeth Alicia Trinidad Peña

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

92 %

Lima, 10/09 del 2018

 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI N° 08449536 Teif: 909879712

ANEXO VI: INFORME TÉCNICO DE LA SOLIDEZ AL LAVADO.

INFORME TECNICO

SOLIDEZ AL LAVADO DOMESTICO SEGÚN LA NORMA AATCC 61

EQUIPOS:

- MAQUINA PARA TEÑIDO INFRAROJO
- CABINA DE LUCES
- HORNO SECADOR
- COCINA
- BALANZA

MATERIALES:

- MATERIALES DE ACERO
- LUNA DE RELOJ
- TIJERA
- TERMOMETRO
- AGUJA E HILO
- ESCALA DE GRISES

PRODUCTO QUIMICO:

- AGUA DESTILADA

PRODUCTO AUXILIAR:

- DETERGENTE SIN BLANQUEADOR OPTICO

PROCEDIMIENTO:

- NEUTRALIZADO DE LAS MUESTRAS CON ACIDO ACETICO 1 g/l DURANTE 10 MINUTOS
- JABONADO DE LAS MUESTRAS CON JABON PARA REACTIVOS 1 g/l A 98°C DURANTE 10 MINUTOS
- SECADO DE LAS MUESTRAS EN UN HORNO SECADOR.
- COCER LA MUESTRA CON UN TESTIGO DE 100% ALGODÓN ENVOLVIENDO.
- COLOCAR EN TUBOS DE ACERO 100 ml DE UNA SOLUCION DE DETERGENTE SIN BLANQUEADOR OPTICO.
- ADICIONAR 20 BILLAS DE ACERO.
- SE ACONDICIONA A 45°C DURANTE 30 MINUTOS

# DE MUESTRA	INDICE DE MANCHADO (ESCALA DE GRISES DE MANCHADO)
0	2-3
1	3
2	5
3	2-3
4	2-3
5	3
6	3
7	5
8	3
9	2-3
10	5
11	5
12	2-3
13	4
14	4
15	4

SE UTILIZO COMO TESTIGO UNA FIBRA 100% ALGODÓN BLANQUEADO PORQUE ES EL MAS PROPENSO A MANCHARSE POR SER MUY HIDROFILA.

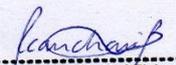
LA ESCALA DE GRISES ES UNA REGLETA DE 5 TONOS GRISES QUE VAN DE UNA MAYOR A UNA MENOR INTENSIDAD, QUE TE AYUDA A DETERMINAR DE FORMA VISUAL EL MANCHADO O EL CAMBIO DE COLOR DE UN TONO DETERMINADO.

5 QUIERE DECIR QUE NO MANCHO Y 1 ES EL GRADO DE MANCHADO MAS ALTO.

NORMA AATCC 61 SE UTILIZA PARA EVALUAR LA SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO DE TEXTILES QUE SE ESPERA QUE RESISTAN LAVADOS FRECUENTES. ESTE METODO PERMITE EVALUAR LA PERDIDA DE COLOR Y EL CAMBIO DE SUPERFICIE UTILIZANDO UNA SOLUCION DE DETERGENTE Y ACCION ABRASIVA.

SE REALIZO EN EL LABORATORIO TEXTIL DE LA EMPRESA CONSORCIO DE TEÑIDOS INDUSTRIALES A CARGO DE LA ING. RAQUEL ANGELA CANCHARI BALTAZAR Nº Reg. CIP:213386

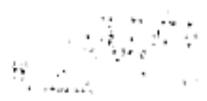
CON LA PARTICIPACION DE LA TESISISTA: LIZETH ALICIA TRINIDAD PEÑA


 RAQUEL ANGELA
 CANCHARI BALTAZAR
 INGENIERA QUIMICA
 Reg. CIP Nº 213386



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD



SOLICITA:

Digitación de Tesis

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lizeth Alicia Trinidad Peña con DNI N° 86279670 domiciliado (a) en Francisco de Orellana 644 Urb. Par. Norte Los Olivos

ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2018 del programa ...INGENIERÍA AMBIENTAL... identificado con el código de matrícula N° 6300254274 de la Escuela de Ingeniería Ambiental, recorro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

Digitación de tesis

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de justicia.

[Handwritten signature]

Lima, 11 de setiembre de 2018

[Handwritten signature]



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Trinidad Peña Lizeth Alicia
D.N.I. : 46229670
Domicilio : Francisco de Orellana srb Pen. Norte Los Olivos
Teléfono : Fijo : 6000409 Móvil : 969492562
E-mail : alicep70@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería Ambiental
Escuela : Ambiental
Carrera : Ingeniería Ambiental
Título :

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Trinidad Peña Lizeth Alicia

Título de la tesis: "Efecto de Algodón usando dióxido de carbono a diferentes temperaturas y cantidades de agua a nivel laboratorio 2018"

Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

Fecha : 11 de Septiembre 2018