



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE TEXTILES**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
TEXTIL**

TEMA:

**“INFLUENCIA DEL PERMANGANATO DE POTASIO EN LA RESISTENCIA DEL
COLOR AL LAVADO EN EL PROCESO DE BAJADO DE TONO DE UN TEJIDO
DENIM ÍNDIGO”**

AUTOR:

GAVILEMA GAVILEMA GEISON EULOGIO

DIRECTOR:

MSC. DARWIN JOSÉ ESPERZA ENCALADA

IBARRA – ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En el cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente proyecto a la Universidad Técnica del Norte para que se publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR	
CÉDULA DE IDENTIDAD	1850581610
APELLIDOS Y NOMBRES	Gavilema Gavilema Geison Eulogio
DIRECCIÓN	Ambato, Pelileo, Bolívar, Quitocucho
E-MAIL	gegavilemag@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL	0958802392
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	INFLUENCIA DEL PERMANGANATO DE POTASIO EN LA RESISTENCIA DEL COLOR AL LAVADO EN EL PROCESO DE BAJADO DE TONO DE UN TEJIDO DENIM ÍNDIGO.
AUTOR	Gavilema Gavilema Geison Eulogio
FECHA	10-05-2023
PROGRAMA	Pregrado
TITULO POR EL QUE OPTA	Ingeniero textil
ACESOR	MSc. Darwin Esparza

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos de autores de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de mayo del 2023

EL AUTOR:

Firma: 

Nombre: Gavilema Gavilema Geison Eulogio

C.I.: 1850581610



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE TEXTILES

CERTIFICADOS DEL ASESOR DE TESIS

En calidad de Director de Trabajo de Grado presentado por el estudiante GAVILEMA GAVILEMA GEISON EULOGIO, para optar por el título de INGENIERO TEXTIL, cuyo tema es:” INFLUENCIA DEL PERMANGANATO DE POTASIO EN LA RESISTENCIA DEL COLOR AL LAVADO EN EL PROCESO DE BAJADO DE TONO DE UN TEJIDO DENIM ÍNDIGO”, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Ibarra, a los 10 días del mes de mayo del 2023

MSc. DARWIN ESPARZA
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres por el apoyo incondicional que me han brindado día a día, principalmente por creer en mí y en mis sueños, por las enseñanzas y valores que me inculcaron, las cuales me han permitido seguir adelante.

A la Universidad Técnica del Norte y a la Carrera de textiles por abrirme las puertas, ya que me dieron la oportunidad de educarme y formar como profesional.

A mis docentes por su esfuerzo y dedicación compartieron sus conocimientos. De la misma forma, un agradecimiento a mi tutor de tesis MSc. Darwin Esparza por compartir su conocimiento, su tiempo y por guiarme para poder terminar este trabajo.

También agradezco a mis amigos, compañeros y a las personas que conocí durante mi carrera universitaria, con quienes compartí momentos inolvidables, experiencia y su ayuda en momentos difíciles.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, principalmente a mis padres, Feliciano y Yolanda por su apoyo incondicional, por su esfuerzo, por su comprensión durante estos años, gracias a ustedes he podido terminar una meta de todas las que me he propuesto, estoy orgulloso de que ustedes sean mis padres.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONSTANCIAS.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del tema	1
1.2 Problema	1
1.3 Antecedentes	3
1.4 Importancia del estudio.....	3
1.5 Objetivo general	4
1.6 Objetivos específicos.....	4
1.7 Características del sitio de proyecto.....	5
CAPÍTULO II	6
2 ESTUDIO DEL ARTE.....	6
2.1 Estudios previos.....	6
2.1.1 Bajado de tono en tejidos denim.....	6
2.1.2 Influencia de los agentes oxidantes en la intensidad del color.....	8
2.1.3 Proceso de lavado.....	9
2.2 Marco conceptual	16
2.2.1 Tejido denim.	16
2.2.2 Tipos de denim.....	17
2.2.3 Colorante índigo.	18
2.2.4 Permanganato de potasio.	19
2.2.5 Proceso de lavado de tejidos denim.	19
2.2.6 Resistencia del color al lavado.	20
2.3 Marco legal.....	20
2.3.1 Constitución del Ecuador.....	20

2.3.2	Líneas de investigación.....	21
CAPÍTULO III.....		22
3	METODOLOGÍA	22
3.1	Métodos de investigación	22
3.1.1	Investigación bibliográfica.....	22
3.1.2	Investigación experimental.	22
3.1.3	Investigación comparativa.	23
3.2	Proceso parte experimental.....	23
3.2.1	Flujograma general.	23
3.2.2	Diseño muestral.....	25
3.2.3	Pruebas de laboratorio y ensayos.	26
3.2.4	Ensayos de laboratorio.....	30
3.2.5	Evaluación.....	31
3.3	Equipos.....	32
3.3.1	Máquina de tintura tipo III.....	32
3.3.2	Calderas.....	33
3.3.3	Centrifugadora	34
3.3.4	Secadora	34
3.3.5	Espectrofotómetro	35
3.4	Normas aplicadas en la investigación.....	35
3.4.1	Prueba de solidez del color al lavado, norma AATCC 61 – 2013.....	35
3.4.2	Prueba de medición del color, norma ISO 105 A 06.	36
CAPÍTULO IV		37
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	37
4.1	Resultados	37
4.1.1	Resultados de intensidad del color.....	38
4.1.2	Resultados de resistencia del color al lavado.	40
4.2	Evaluación de resultados.....	42
4.2.1	Normalidad de datos.....	43
4.2.2	Análisis de varianza	44
4.2.3	Influencia del permanganato de potasio en la variación del color	45
4.2.4	Influencia del permanganato de potasio en la resistencia del color al lavado	50

4.2.5	Resistencia del color al lavado respecto a la intensidad del color.	54
CAPÍTULO V	62
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1	Conclusiones	62
5.2	Recomendaciones.....	63
6	BIBLIOGRAFÍA	64
7	ANEXOS	67
7.1	Anexo A. Certificado de uso de laboratorio Planta textil UTN	67
7.2	Anexo B. Equipos y máquinas utilizadas en la investigación	68
7.3	Anexo C.Resultados de las mediciones en el espectrofotometro	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tipos de procesos húmedos y en seco	10
Tabla 2	Hoja de proceso para el proceso en estudio	11
Tabla 3	Temperaturas del proceso de lavandería.....	12
Tabla 4	pH durante el proceso de lavandería.....	13
Tabla 5	Relación de baño dependiendo el proceso	13
Tabla 6	Características del colorante índigo.....	18
Tabla 7	Información técnica del tejido	25
Tabla 8	Concentraciones de permanganato de potasio	27
Tabla 9	Condiciones de prueba de método 3A de solidez al lavado	36
Tabla 10	Coordenadas dCIELab bajado de tono grupo 1	38
Tabla 11	Coordenadas dCIELab bajado de tono grupo 2	39
Tabla 12	Coordenadas dCIELab aplicado la norma de resistencia del color al lavado grupo 1	41
Tabla 13	Coordenadas dCIELab aplicado la norma de resistencia del color al lavado grupo 2	42
Tabla 14	Test de normalidad	43
Tabla 15	Análisis de varianza.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Carrera de Textiles.....	5
Figura 2. Curva de proceso Stone 3	15
Figura 3. Lavado- comparación entre urdimbre y trama.....	16
Figura 4. Estructura de tejido denim (2x1).....	17
Figura 5. Flujogramas de las fases de la parte práctica	23
Figura 6. Metodología parte experimental.	24
Figura 7. Flujograma muestral para la obtención de muestras.....	26
Figura 8. Curva utilizada en el proceso	28
Figura 9. Flujograma muestral para el bajado de tono	29
Figura 10. Ensayos aplicados	30
Figura 11. Evaluación comparativa del cambio de tono	31
Figura 12. Evaluación comparativa de la solidez del color al lavado	31
Figura 13. Evaluación comparativa ente el cambio de tono y la solidez del color al lavado.....	32
Figura 14. Lavadora industrial de jeans	33
Figura 15. Caldera	33
Figura 16. Centrifugadora	34
Figura 17. Secadora.....	34
Figura 18. Espectrofotómetro.....	35
Figura 19. Diagrama de columnas agrupadas de la variación del tono del grupo 1 y 2.....	45
Figura 20. Diagrama de barra de los promedios de la variación del tono de los grupos 1 y 2.....	46
Figura 21. Diagrama de barras de la variación del tono del grupo 1	47
Figura 22. Gráfica Matrix plot de la aplicación del permanganato de potasio en relación con el tiempo de agotamiento	49
Figura 23. Diagrama de columnas agrupadas de la variación del tono aplicado la prueba de solidez al lavado	50
Figura 24. Diagrama de columnas agrupas de la variación del tono post ensayo de lavado del grupo 1.....	52

Figura 25. Gráfica Matrix plot de la aplicación del permanganato de potasio en relación con el ensayo de solidez al lavado	53
Figura 26. Variación del tono antes y post lavado de la muestra 1	55
Figura 27. Variación del tono antes y post lavado de la muestra 2	56
Figura 28. Variación del tono antes y post lavado de la muestra 3	57
Figura 29. Variación del tono antes y post lavado de la muestra 4	58
Figura 30. Variación del tono antes y post lavado de la muestra 5	59
Figura 31. Diagrama de dispersión relación cambio de color con ensayo de solidez al lavado ..	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado de uso de laboratorio Planta textil UTN	67
Anexo 2. Balanza electrónica.....	68
Anexo 3. Máquina de lavado de prendas	68
Anexo 4. Centrífuga	68
Anexo 5. Espectrofotómetro.....	68
Anexo 6. Autoclave.....	68
Anexo 7. Preparación de las muestras.....	69
Anexo 10. Proceso de bajado de tono	69
Anexo 8. Preparación de las soluciones de los auxiliares	69
Anexo 9. Preparación del ensayo de lavado.....	69
Anexo 11. Ensayo del lavado bajo la norma AATCC 61: 2013	69
Anexo 12. Medición del color en el espectrofotómetro	69
Anexo 13. Ficha técnica del permanganato de potasio	70
Anexo 14. Receta Utilizada en el proceso.....	71
Anexo 15. Coordenadas del CIELAB del bajado de tono del grupo 1	72
Anexo 16. Coordenadas del CIELAB del bajado de tono del grupo 2.	72
Anexo 17. Coordenadas de CIEBAL post ensayo de lavado del grupo 1.....	73
Anexo 18. Coordenadas del CIEBAL post ensayo de lavado del grupo 2.....	73

RESUMEN

La presente investigación abordó el tema sobre la influencia del permanganato de potasio en la resistencia del color al lavado en el proceso de bajado de tono de un tejido denim índigo, ya que no existe bibliografía que pueda sustentar dicho análisis; además, se sabe que la industria del denim se tiene varios problemas, como el sangrado, amarillamiento o durabilidad del tejido bajando los niveles de calidad, en este caso se ha estudiado la resistencia del color al lavado, y a que al momento de lavar puede generar este problema afectando o contaminar a las demás prendas.

El trabajo se inició a partir de 20 muestras, las cuales pasaron por un subproceso de desengomado, stoneado y bajado de tono. En este último subproceso se estableció dos variables como objeto de estudio, el tiempo tratamiento de 10 minutos para el grupo 1 y 15 minutos para el grupo 2 y concentraciones de 1%, 2%, 3%, 4% a 5% para los dos grupos, luego se continuó con el neutralizado y blanqueo químico con el objetivo de desactivar la acción del KMnO_4 . Después de la aplicación del producto mencionado, se realiza la prueba de ensayo de solidez al lavado bajo la norma AATCC 61:2013 con método 3A que representa 5 lavados domésticos. Para luego, con ayuda del espectrofotómetro y siguiendo las indicaciones de la norma ISO 105 A06, se realizó las mediciones respectivas que ayudan para el posterior análisis de los datos obtenidos.

De acuerdo con las caracterizaciones, evaluaciones y el análisis comparativo de los datos obtenidos en el espectrofotómetro, post-bajado de tono y aplicar el ensayo de solidez al lavado. Se concluye que las dos variables influyen en el cambio de tono y resistencia del color al lavado, donde el grupo 1 se obtiene un promedio para el cambio de tono un 32.88 Delta (E) y el grupo 2 un 39.24 Delta (E) con referencia al tiempo, y con respecto a la concentración se obtuvo un mínimo de 13.96 de Delta (E) trabajando al 1% y un máximo de 44.69 de Delta (E) trabajando al 5%. En cuanto a los resultados después de aplicar el ensayo de solidez al lavado para el grupo 1 se obtuvo un 36.38 Delta (E) y para el grupo 2 un 40.26 Delta (E) con referencia al tiempo y con respecto a la concentración un mínimo de 22.13 Delta (E) con el 1% y trabajando al 5% se alcanzó un 45.18 Delta (E).

Entonces la concentración tiene mayor incidencia en la variación del tono en comparación al tiempo y al aplicar el ensayo de solidez al lavado se establece que a mayor tiempo de tratamiento

existe menor variación en el tono, por lo que hay mayor resistencia del color al lavado en el grupo 2 que se trabajó con un tiempo de 15 minutos. Los datos obtenidos durante la investigación fueron expuestos a una prueba normalidad para verificar su confiabilidad, superando el valor mínimo de confiabilidad de 0.05p (normal), lo que se establece que su confiabilidad es de 95%.

Palabras claves: permanganato de potasio, tejido denim, bajado de tono, resistencia del color al lavado.

ABSTRACT

This research focused on the influence of potassium permanganate on the color resistance to washing in the process of lowering the tone of indigo denim fabric since no bibliography of indigo denim fabric since there is no bibliography that supports such an analysis. It is also known that the denim industry has several problems among the most common ones are bleeding, yellowing, or durability of the fabric lowering the quality levels. In this case, color fastness to washing or bleeding has been studied; focusing on the time of washing that can generate this problem, affecting or contaminating the other garments.

The study started with 20 samples, which went through a sub-process of degumming, stoning, and toning. In this last sub-process, two variables were established as the object of study, the treatment time of 10 minutes for group 1 and 15 minutes for group 2 and concentrations of 1%, 2%, 3%, 4% to 5% for the two groups; then, it continued with the neutralization and chemical bleaching with the objective of deactivating the action of potassium permanganate. After the application of the mentioned product, the washing fastness test was performed under the AATCC 61:2013 standard with method 3A representing 5 domestic washes. Then, with the help of the spectrophotometer and following the indications of the ISO 105 A06 standard, the respective measurements were performed, which helped the subsequent analysis of the data obtained.

According to the characterizations, evaluations, and the comparative analysis of the data obtained in the spectrophotometer, post-tinting, and applying the washing fastness test, it was concluded that the two variables influenced the change of tone and color fastness to wash, where group 1 obtained an average for the change of tone of 32.88 Delta (E) and group 2 obtains 39.24 Delta (E) with reference to the time and with respect to the concentration a minimum of 13.96 Delta (E) was obtained working at 1% and a maximum of 44.69 Delta (E) working at 5%. Regarding the results, after applying the washing fastness test, for group 1 a 36.38 Delta (E) was obtained, and for group 2 a 40.26 Delta (E) was obtained with reference to time and with respect to concentration a minimum of 22.13 Delta (E) was obtained with 1% and working at 5% a 45.18 Delta (E) was obtained.

In this sense, the concentration has a greater incidence in the variation of the tone in comparison to the time and when applying the solidity test to the washing, it was established that to a greater time of treatment, there is a smaller variation in the tone; the reason why there is greater color resistance to the washing in group 2 that was worked with a time of 15 minutes. The data obtained during the research were exposed to a normality test to verify its reliability, exceeding the minimum reliability value of 0.05p (normal), which established that its reliability is 95%.

Keywords: potassium permanganate, denim fabric, dyeing, color fastness to washing.

Reviewed by: SOTO

LUIS ALFONSO
PASPUEZAN

Firmado digitalmente
por LUIS ALFONSO
PASPUEZAN SOTO
Fecha: 2023.04.18
08:39:45 -05'00'

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del tema

El propósito de la aplicación del permanganato de potasio en un tejido denim es determinar el grado de influencia que tiene el porcentaje de concentración y tiempo de aplicación en la variación de tono y la resistencia del color al lavado, se pretende hacer dicho estudio utilizando la máquina de tintura tipo III.

El tejido denim a experimentarse será pasado por los subprocesos de desengomado y Stone, para luego aplicar el bajado de tono en diferentes condiciones; las concentraciones del permanganato serán de 1%, 2%, 3%, 4%, y 5%, dividiendo en dos grupos los cuales son expuestos a dos tiempos (10 minutos y 15 minutos) con la finalidad de obtener datos para interpretación del estudio. El bajado de tono se trabajará a temperatura ambiente con los tiempos establecidos y para eliminar el exceso del permanganato se le aplicará un subproceso de neutralizado y blanqueo químico, con el propósito, de eliminar la acción del químico aplicado y eliminar los pigmentos que amarillan los tejidos denim o prendas respectivamente.

Inmediatamente, las muestras se les aplicará el permanganato de potasio, para dar paso a las mediciones en el espectrofotómetro, continuando en la máquina para simular lavados domésticos. Los equipos se encuentran en los laboratorios de la Carrera de Textiles que pertenece a la Universidad Técnica del Norte, en los cuales se realizar los respectivos testeos bajo las normas estandarizadas. Pues bien, la medición del tono en los tejidos denim y las pruebas de resistencia del color al lavado servirán para determinar cuál de las dos variables tiene más incidencia en la pérdida del color en los tejidos denim que pasan por los procesos de lavandería.

1.2 Problema

Desde hace décadas atrás se ha creado los tejidos de denim de color índigo para la confección de prendas, los cuales son utilizados en diferentes áreas, ya sea por su resistencia, su tacto o también porque se puede combinar con cualquier otro tipo de ropa. Sin embargo, la moda se ha presentado en nuestra sociedad como un fenómeno en constante cambio y la industria textil

con la finalidad de cumplir todas las expectativas de las personas, sean ingeniado en brindar ciertos acabados con químicos, físicos o la combinación de estos dos y otros procesos que pueden afectar a la naturaleza del tejido, dando así mejores características visuales.

Dentro de la industria textil, el lavado que se le otorga a las prendas que son confeccionadas con tejido denim, se identifican por la gran variedad de acabados que se les puede dar gracias a los productos químicos que existen dentro del mercado, los cuales pueden ir cambiando dependiendo el proceso de lavado de se les brinde, uno de ellos es por corrosión es un proceso que ayuda a remover el color índigo de los tejidos de mezclilla, además, se usa agentes oxidantes como el permanganato de potasio (KMnO_4) o agentes reductores como el hipoclorito de sodio (NaClO). Pues bien, la industria del denim es una tendencia de moda para millones de personas, en donde se están desarrollando e innovando nuevos acabados, entre ellos podemos mencionar al cambio de su tonalidad.

La juventud cada vez quiere nuevas y novedosas cosas en su closet, marcando nuevas tendencias de moda, de modo que, la industria textil es la principal fuente que satisface la inclinación de todos los clientes, pero es de destacar que los mercados exigen que los productos sean de calidad y evitar que después del lavado pierda color denominado como “sangrado” y cambiando el estilo de la prenda o perjudicando a otra por medio del manchado, siendo así, es necesario buscar una solución para garantizar que el material textil no genere pérdida de tonalidades.

Para lo cual es de gran importancia el estudio de la influencia del permanganato de potasio, donde se pueda establecer mediante análisis de laboratorio en diferentes condiciones y observar su comportamiento, permitiendo conocer un proceso que ayude a mejorar la calidad cuando se le aplique este tipo de acabados a los tejidos denim.

1.3 Antecedentes

La industria textil, en el área de acabados con tejidos denim tiene como objetivo satisfacer las necesidades y exigencias de la sociedad dentro del país, por tal razón, es preciso estudiar cuál es la influencia de ciertos químicos al ser aplicados con la finalidad de ir mejorando la calidad, ya que la industria del denim tiene gran influencia en la moda.

Quinteros y Cardona (2010) en su investigación mencionan que los agentes oxidantes como el peróxido de hidrógeno, el ozono y el permanganato de potasio son usados para variar la composición química de los tintes o de un compuesto. En los actuales procesos de oxidación los agentes oxidantes con combinados con catalizadores logrando una mayor velocidad de degradación.

Mientras que en su investigación Galvis (2012) afirma que, si deseamos que el colorante índigo se tienda a ser más claro o se elimine, se emplea productos como el hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, permanganato de potasio, ozono entre otros productos, también se puede lograr por abrasión donde el tejido es frotado con diferentes herramientas, aunque también se puede dar la combinación de productos químicos y por abrasión.

Es notorio el gran número de opciones que permita degradar el color en las prendas, destacando que el permanganato de potasio tiende a influir en la decoloración, por ello, la investigación contribuirá con el estudio de la acción del KMnO_4 en tejidos denim, donde se presentan dos variables de tiempo y concentración con la finalidad de establecer cuál será el mejor parámetro para obtener los cambios de tonalidad deseado sin perjudicar a la resistencia del color al lavado.

1.4 Importancia del estudio

Con el desarrollo de esta investigación se pretende determinar el grado de influencia del permanganato de potasio en la resistencia del color al lavado en los tejidos denim índigo, sabiendo que esta investigación no se ha desarrollado anteriormente, por lo que servirá de referencia válida

y confiable para dar acabados en tejidos denim, donde el cambio de tono es un eje fundamental para la tendencia de moda en esta industria.

En cuanto a la aplicación de agentes oxidantes en las prendas confeccionadas con tejidos denim, es importante conocer la relación de concentración-tiempo con la cual se debe aplicar el permanganato de potasio para que no tenga ningún efecto negativo. Y una vez obtenido el análisis de solidez del color al lavado, estos formarán parte de un aporte a mejorar la industria textil.

Se plantea las siguientes hipótesis en el cual se pretende determinar si el permanganato de potasio influye en diferentes concentraciones o si el tiempo de tratamiento posee incidencia en la resistencia del color cuando se le dan procesos de lavado doméstico, en consecuencia, que a mayor tiempo y concentración pueda generar mayor sangrado o, por lo contrario, a menor concentración a tiempo prolongado y post-lavado no genere pérdida de color.

1.5 Objetivo general

Estudiar la influencia del permanganato de potasio en la resistencia del color al lavado en el proceso de bajado de tono de un tejido denim índigo.

1.6 Objetivos específicos

- Investigar la reacción del permanganato de potasio en el bajado de tono de un tejido denim índigo con ayuda de fuentes bibliográficas, revistas indexadas, artículos científicos, libros, para la aplicación del proceso más adecuados.
- Obtener muestras de tejido denim mediante un proceso de bajado de tono cambiando las variables de tiempo y concentraciones de permanganato de potasio para el análisis de resistencia al lavado.
- Obtener valores de la resistencia del color al lavado con ayuda de la norma AATCC 61-2013 y medida del color en el espectrofotómetro con ayuda de la norma ISO 105 A06.
- Evaluar los resultados para determinar el grado de influencia del permanganato de potasio en el proceso de bajado de tono.

1.7 Características del sitio de proyecto

La presente investigación se realizó en la provincia de Imbabura, ciudad de Ibarra, en la cual la parte práctica se desarrollará en los laboratorios de la Carrera Textil de la Universidad Técnica del Norte, debido a que los instrumentos y máquinas a utilizar para dar el acabado a las muestras y el testeo de estas se encuentra en estos laboratorios, lo que facilita el desarrollo y la obtención de resultados confiables del proyecto.

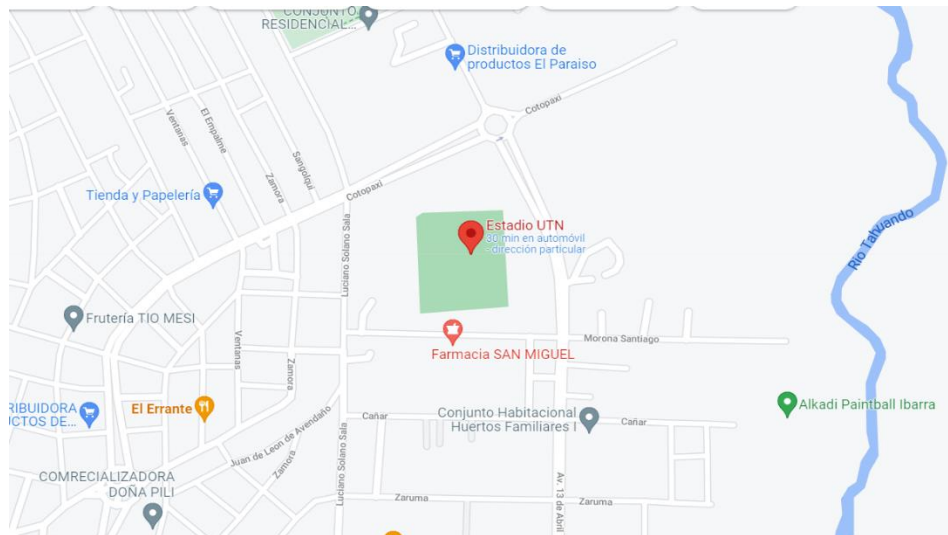


Figura 1. Carrera de Textiles.
Fuente: (Google Maps 2022)

CAPÍTULO II

2 ESTUDIO DEL ARTE

2.1 Estudios previos

En esta parte de la investigación se dará a conocer varios estudios relacionados con los procesos de oxidación de los colorantes índigos, curvas de procesos de lavandería y factores que afectan a las prendas confeccionadas con tejidos denim, haciendo énfasis en el subproceso de bajado de tono y la influencia de los agentes oxidantes en la solidez del color al lavado, con la finalidad de encontrar los parámetros más sobresalientes que ayuden a llevar a cabo esta investigación.

2.1.1 Bajado de tono en tejidos denim

Los acabados para los tejidos denim se caracterizan por la gran variedad de estilos con diferentes tonos y colores que se les puede brindar, esto se logra por la reacción de varios químicos en los procesos de ennoblecimiento textil. Naranjo (2019) explica que el lavado permite que las prendas confeccionadas con tejido denim no pasen de moda y en su mayoría este proceso se da para obtener un tacto más suave, una mejor comodidad y un aspecto envejecido. Además, menciona que existen dos tipos de acabados que se lo realiza a los tejidos denim: mecánico o químico y la combinación de estos dos. En el primero se destacan los procesos de abrasión. En cuanto al segundo mencionado el aporte más importante está el blanqueo, bajado de tono, envejecido, dirty, suavizado entre otros.

El bajado de tono o clarificado es el proceso donde se da una caída progresiva del color índigo. Granja (2017) menciona que habitualmente se trabaja con hipocloritos o agentes oxidantes, aunque se están desarrollando nuevas tecnologías más amigables con el ambiente, utilizados para una limpieza hasta llegar un tono más claro (delavé), después de haber pasado por el proceso de envejecido. Además, estas nuevas tecnologías ayudan al cuidado de las prendas y se puede hacer estilos más novedosos.

Existen varios procedimientos químicos que decoloran y mejoran el tacto del tejido denim. Entre los cuales están los siguientes tratamientos de oxidación:

- **Bajado de tono con hipoclorito de sodio**

Uno de los agentes clarificantes más conocidos es el hipoclorito de sodio que es usado para decolorar las prendas que fueron confeccionadas con tejido denim de color índigo, obteniendo varios tonos. Al trabajar con hipoclorito de sodio es primordial tomar en cuenta varios factores: que al incrementar la concentración su reacción oxidación-reducción con el tejido incrementa, la temperatura del proceso es de 70 °C, el pH que debe tener es de 9 y 10, para no afectar a la resistencia del algodón (Chávez 2017). Se necesita dar un proceso de neutralizado con la finalidad de eliminar el hipoclorito de sodio que no se agotó, para impedir el amarillamiento y daños que pueden provocar en la tela. Aunque, en el tejido que contengan lycra se recomienda usar otro método de bajado de tono, debido que, es muy agresivo.

- **Bajado de tono con permanganato de potasio**

El agente oxidante, permanganato de potasio también es usado dentro de la industria textil para la decoloración de las prendas confeccionadas con tejido denim índigo, al no ser tan agresivo se puede utilizar en tejidos que en su composición posean lycra. Khalil, Rahman, and Solaiman (2015) mencionan que debido a su gran poder oxidante se debe dar un proceso de neutralizado una vez agotado, además se debe tomar en cuenta las condiciones de operación como tiempo y temperatura, ya que, pueden afectar a las propiedades físicas y mecánicas del denim, causando como la pérdida de resistencia, el amarillamiento o el sangrado. Otra de las desventajas se puede mencionar su alto costo de producción y es un gran contaminante para ambiente.

- **Bajado de tono con ozono**

El ozono también actúa como agente oxidante para la degradación del color en tejidos denim índigo. Ben y sus colegas (2018) en su investigación detallan que existen varias ventajas como el bajo consumo de agua, productos químicos, tiempo de producción y costos, ya que se le puede aplicar en seco y húmedo, pero una de las problemáticas que se ha detectado es el amarillamiento; su uso debe ser controlado; puesto que, al aumentar la concentración puede ser tóxico para el ambiente.

Por otra parte, Ebrahimi, Parvinzadeh Gashti, and Sarafpour (2018) enfatiza que se han desarrollado varios procesos que se le puede brindar la decoloración; en cuanto a lo mencionado se derivan en los siguientes; la reducción electroquímica, la irradiación láser, tratamientos con plasma, biolavado y la combinación de nanopartículas con enzimas. No obstante, una desventaja se presenta en la adquisición de su producto por su costo y compuestos no volátiles emitidas al ambiente, que es claro que por cada proceso y producto utilizado debe tener un límite de exposición, para respetar las normas ambientales y proteger a las personas que los manipulan.

2.1.2 Influencia de los agentes oxidantes en la intensidad del color

Los procesos oxidación química con agentes oxidantes como el ozono, peróxido de hidrogeno o el permanganato de potasio se emplea con la finalidad de cambiar la composición química de un compuesto o tintes.

En los procesos de oxidación avanzada (POA) los agentes oxidantes son usados con catalizadores (Fe, Mn, TiO_2) en presencia o ausencia de una fuente de irradiación. En este proceso se mejora la generación y uso de radicales libres e hidroxil ($\text{HO}\cdot$) los cuales incrementan la velocidad en varios órdenes de magnitud comparados con otros oxidantes en ausencia de un catalizador. (Quintero and Cardona 2010, p. 7)

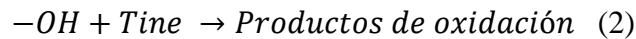
También Gemeay (2007) y sus colegas manifiestan que:

Estudiaron la actividad catalítica de polianilina/ MnO_2 (PANI/MnO_2) hacia la degradación oxidativa de los tintes rojo directo 81, azul ácido 92 e índigo carmín en presencia de H_2O_2 como oxidante, las reacciones siguieron una cinética de primer orden. En los procesos $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ los radicales $\text{HO}\cdot$ son formados cuando el agua H_2O_2 es expuesta a luz UV normalmente en el rango de 200-280 nm (p. 118).

Entonces la actividad catalítica de la polianilina/ MnO_2 , el peróxido de hidrogeno en contacto con los colorantes índigos da como resultado la destrucción del color.

Aleboyeh, Moussa, and Aleboyeh (2005) evaluaron la decoloración en una solución acuosa con $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ del azul ácido C.I. o comúnmente conocido como índigo carmín, donde explica lo siguiente:

La combinación de UV y H_2O_2 es necesaria para la producción de radicales OH por fotólisis del peróxido de hidrógeno. Este radical es un oxidante no selectivo y muy potente con su potencial de oxidación de 2.8 V y puede iniciar las reacciones de decoloración al reaccionar con las moléculas de colorante. El resultado de esta reacción es la destrucción del color según las siguientes reacciones:



La cinética de decoloración depende notablemente de la estructura molecular básica de los colorantes [...]. En la mayoría de los casos, los radicales hidroxilos reaccionan con el colorante mediante el mecanismo de abstracción de hidrógeno [...]. El rango de pH entre 3.5 y 5.5 la velocidad de decoloración mejora. (p. 130)

Mohammed y sus colegas (2019) estudiaron la degradación oxidativa de colorante índigo carmín en una solución acuosa por permanganato de potasio ($KMnO_4$) donde menciona lo siguiente:

El pH se considera importante porque influye fuertemente en el potencial redox en un sistema dado. Para resaltar la influencia del pH en la estabilidad de los catalizadores utilizados en la degradación de índigo carmín por $KMnO_4$, el pH osciló entre 3 y 10 [...]. El potencial de oxidación (E°) aumenta con la disminución del pH para los tintes y el (E°) en solución ácida es mucho mayor que en solución alcalina y neutra. Esto se explica el comportamiento del permanganato de potasio, ya que en condición ácida, el $KMnO_4$ exhibe una alta reactividad oxidativa con un potencial de oxidación (E°) de +1.51 V, y su producto reductor es Mn^{2+} . (p. 14)

2.1.3 Proceso de lavado

Los acabados de jeans se pueden dar por dos procesos: húmedo y seco. Es común combinar los procesos obteniendo una gran variedad de efectos, pero cada etapa tendrá un grado de influencia

en la resistencia y durabilidad del tejido denim. La Tabla 1 muestra los procesos húmedos y en seco que se le puede brindar.

Tabla 1

Tipos de procesos húmedos y en seco

Proceso húmedo	Proceso en seco
Desengomado	Sandblasting
Stone washing	Hand (Lija)
Lavado enzimático	Whiskers (Bigotes)
Lavado ácido	Chevrons (Desgaste Localizado)
Bajado	Grinding (Desgaste Continuo)
Blanqueo	Nincks (Desgaste Intermitente)
Tinturado y teñido	Slayer (Desgaste en Raya)
Suavizado	Holes (Rotos)
Secado	PP spray
	Esponja
	Tacking
	Resinado
	Laser

Fuente: (Nilsson y Lindstam, 2012, como citó en Chávez, 2017)

Como se observa cada uno tiene sus respectivas características y para su aplicación de proceso será dependiendo de la solicitud del cliente o acabado requerido. Aunque es de consideración que realizan una combinación de los procesos entre: desengomado, stone washing, sandblasting, hand, laser, bajado, neutralizado y suavizado.

Por otra parte, Chávez (2017) indica que utilizó una combinación de subprocesos de desengomado, abrasión, y bajado con permanganato de potasio en un solo baño para el lavado de prendas de un jean, en el cual comparó diferentes métodos, pero el más viable concluyó el siguiente proceso. En la Tabla 2, se señala las etapas, auxiliares, dosificaciones, litros, temperatura, pH y

tiempo. Como resultado fue que no causo cambios dimensionales, ni afecto la elongación de la prenda, además de beneficiar en el consumo del agua, energía y ahorro de tiempo.

Tabla 2

Hoja de proceso para el proceso en estudio

N °	Etapas	Auxiliares Químicos	Dosificación (g/L)	Volumen Agua (L)	Temperatura (°C)	pH	Tiempo
1	Desengomado	Antiquiebre	3.0	30	Ambiente	7	15
		Alfamilasa (10%)	0.3				
		Descontaminante-Humectante	2.0				
		Celulasa hibrida	0.15				
2	Abrasión	Descontaminante-Humectante	0.5	30	40	7	30
3	Bajado	Permanganato de Potasio	0.25	30	35-40	>5	10
4	Enjuagado doble	-	-	60	Ambiente	-	5
5	Neutralizado (Combinado)	Neutralizante PP	2.0	30	Ambiente	>5	15
6	Neutralizado (Convencional)	Metabisulfito de Sodio Ácido oxálico	2.0	30	60	-	15
7	Enjuagado Doble	-	1.0	60	Ambiente	-	5

Fuente: (Chávez 2017)

En su investigación Cabrera (2022) menciona que para los procesos químicos húmedos estableció varios parámetros que están presentes en los procesos de lavandería, los cuales influyen directamente al resultado. Dichos parámetros son:

- Tiempo

Al estar expuesto mayor tiempo, mayor desgaste se dará al tejido, por consecuencia existirá una gradual pérdida de resistencia; este parámetro es fundamental en el proceso porque influye directamente en la obtención de los lavados que deseen los clientes. Sino existe un control de tiempo durante el proceso las prendas pueden llegar a reducir su estructura.

- Temperatura

La temperatura es un parámetro fundamental durante el proceso químico, por ello se aplica una temperatura que sobre pase los 40°. A continuación, en la Tabla 3 se muestra las temperaturas con las que trabaja la lavandería Colorplus y sus procesos químicos.

Tabla 3

Temperaturas del proceso de lavandería

0°	40°	50° - 60°
Bajado de tono	Suavizado	Retención
Froster		Tinturado
		Blanqueo
		Stone
		Neutralizado
		Fijado

Fuente: (Cabrera 2022)

- pH del agua

El pH dentro de los procesos de lavandería varia en ciertos subprocesos, aunque no se ha implementado con el pH ácido, a continuación, la Tabla 4 muestra sus diferentes etapas.

Tabla 4*pH durante el proceso de lavandería*

pH Ácido	pH Neutro	pH Alcalino
Stone	Stone	Blanqueo
	Neutralizado	
	Suavizado	
	Tinturado	
	Fijado	
	Bajado de tono	

Fuente: (Cabrera 2022)

- Relación de baño

La relación de baño (R: B) es un parámetro importante y debe adecuarse dependiendo de la fase del proceso, con el fin de obtener un buen rendimiento de los productos y permitir la reproductibilidad de colores, a continuación, en la Tabla 5 muestra la relación de baño dependiendo del proceso, pues bien, la presente investigación se enfoca en la clarificación y se utilizará R: B 1:10.

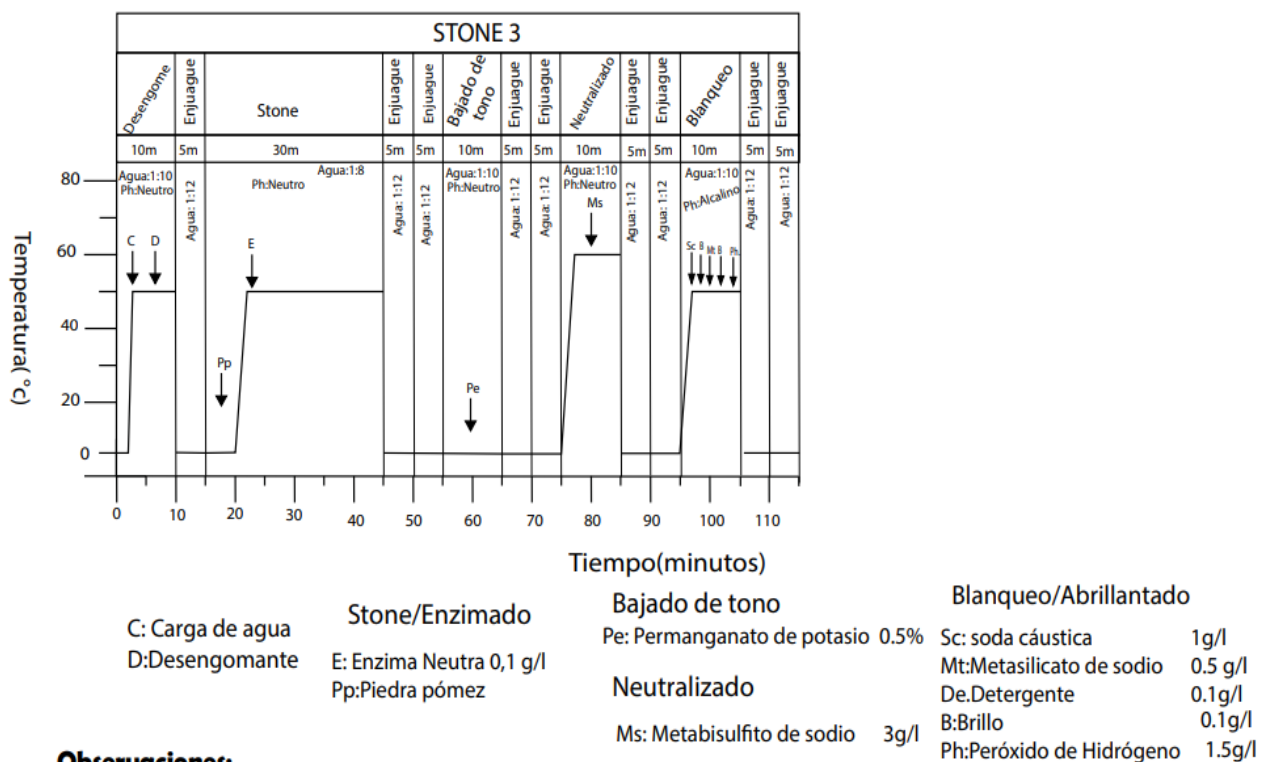
Tabla 5*Relación de baño dependiendo el proceso*

Proceso	R: B
Desalmidonado	1:8
Stone	1:5
Clarificación o Bajado de tono	1:10
Neutralizado	1:12
Blanqueo	1:10
Suavizante	1:10
Enjuagues	1:12

Fuente: (Bauab 2010)

Cabrera (2022, p. 41) realizó varios procesos de envejecido, a continuación, se describe paso a paso todos los subprocesos, los factores que se debe tener en cuenta como: la temperatura, relación de baño, dosificación de químicos, tiempo y enjuagues para un Stone 3:

- Se realiza el proceso de desengome en cual se somete a una temperatura de 50 °C y una duración de 10 minutos, a una relación de agua de 1:10. Se realiza un enjuague de 5 minutos;
- Luego se realiza el proceso de Stone a una relación de agua de 1:8 en el cual se agrega piedra pómez y enzima neutra, sometido a una temperatura de 50 °C con una duración de 30 minutos. Se realiza 2 enjuagues;
- El proceso de bajado de tono se realiza en frío a una relación de agua de 1:10, con una duración de 10 minutos. Se agrega permanganato de potasio según los porcentajes ya establecidos dentro de la lavandería Colorplus en este caso al 1%. Se realizan 2 enjuagues de 5 minutos;
- Se procede a realizar el neutralizado para eliminar los residuos del permanganato se agrega metabisulfito de sodio 3g/l este proceso se somete a una temperatura de 60 °C y duración de 10 minutos; se realizan 2 enjuagues;
- Por último, se realiza el proceso de blanqueo se agregan los insumos establecidos dentro de la curva se somete a una temperatura de 50 °C con una duración de 10 minutos. Se realizan 2 enjuagues de 5 minutos cada uno. Tal como muestra en la Figura 2.



Observaciones:

- 1-Tiempo de proceso: 115 minutos
- 2-Temperatura total:210°

Figura 2. Curva de proceso Stone 3
 Fuente: (Cabrera 2022)

Mientras McQueen et al (2017) menciona que el lavado en los pantalones de mezclilla pueden verse afectados por su constante uso y posteriores lavados, como consecuencia aumenta la perdida de color, además de la resistencia a la tracción en especial de la urdimbre, por ello es fundamental alentar a los consumidores a mejorar sus hábitos de lavados como sugerencia cada 20 días para prologar el tiempo de vida de sus prendas; así generando un efecto positivo al contribuir con el ambiente, reduciendo el consumo del agua, energía y evitar acrecentar los desechos en los vertederos.

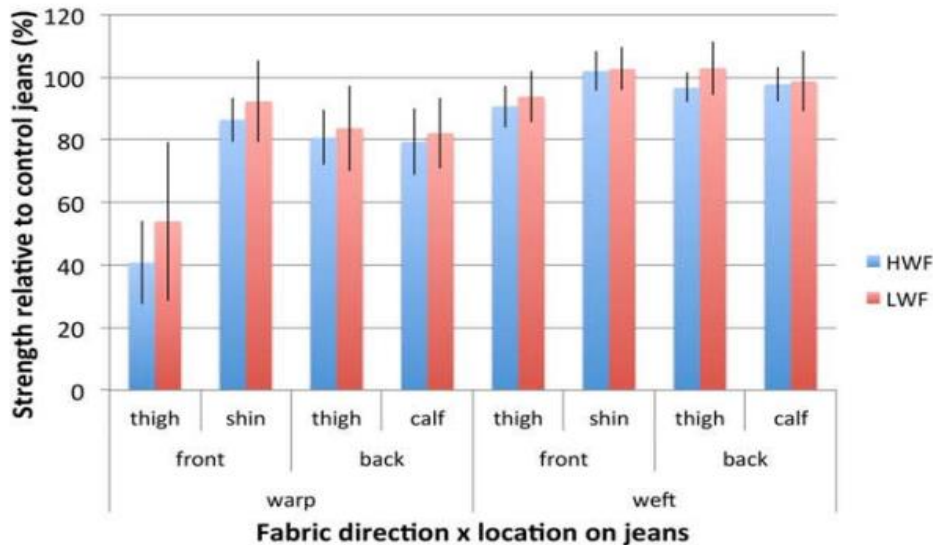


Figura 3. Lavado- comparación entre urdimbre y trama.
Fuente: (McQueen et al. 2017)

En la Figura 3 se observa la comparación entre urdimbre y trama enfocados a la reducción de lavados en Denim, en el cual se ve beneficiado mientras menor es el número de ciclos de lavados, evita que sea afectada por la fuerza abrasiva, debido que, provoca menor pérdida de color, además de no afectar la resistencia de los hilos o degradación de la tela. Otro punto que detallar es en la trama que no se ve afectada tanto como la urdimbre, ya que, la primera se encuentra sobrepuesta.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Tejido denim.

De acuerdo con Naranjo (2019) “El Denim es un tejido plano que se compone por unos hilos de trama en crudo y unos hilos de urdimbre en azul índigo, que se entrelazan en sentido diagonal, los hilos que componen el tejido son de fibra de algodón” (p.18). Estos pueden ser tinturados en varios colores, también según la necesidad que se requiera puede ser combinado con diferentes fibras, con el crecimiento de la moda y la incorporación de la tecnología a la industria textil se le puede brindar una serie de procesos, lavados y acabados con la finalidad de hacerlos más especiales en su tacto, color y dándole valor agregado.

2.2.1.1 Estructura del tejido denim.

Según Barretto (2020) “el denim más utilizado es un tejido de algodón con el ligamento sarga 3x1 con una trama de color blanca y la urdimbre de color índigo” (p.20). Como se muestra en la Figura 4.

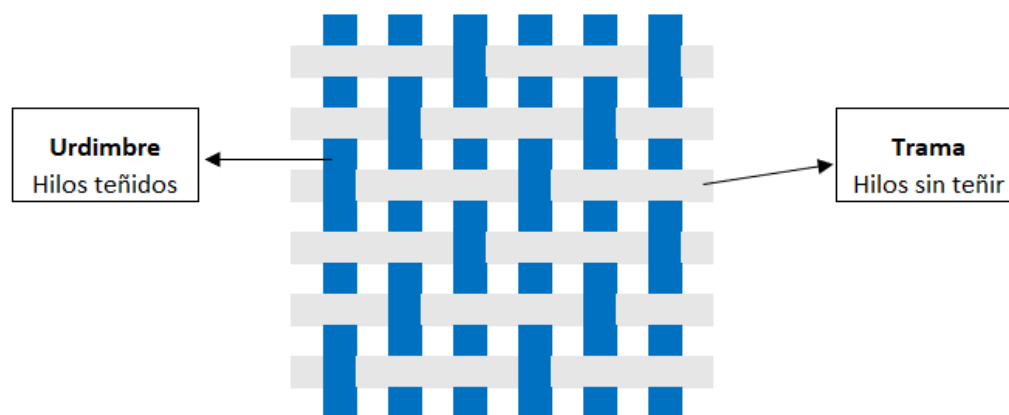


Figura 4. Estructura de tejido denim (2x1)
Fuente: Autor

Hilos de urdimbre antes de pasar a la tejeduría pasan por un proceso de engomado, donde se le incorpora un encolante o goma al hilo dándole esa característica rígida y áspera con la finalidad de ganar resistencia.

2.2.2 Tipos de denim.

En la investigación de Granja (2017) menciona los siguientes tipos de denim:

- Denim de algodón sarga: es el más común, el cual está formado con 100% algodón (CO) en tejido tipo sarga;
- Denim crudo: se caracteriza por su color oscuro, por su tacto áspero y su resistencia. Es tipo de denim no posee ningún acabado;
- Denim de orillo: se caracteriza por sus bordes suaves y un tejido ajustado, el costo de producción es elevado ya que se fabrica en telares antiguos.
- Denim de poliéster: posee mayor porcentaje de poliéster en su estructura, liviano, fácil de lavar, resistente a la formación de arrugas;

- Denim stretch: Se caracteriza por la incorporación de la lycra o spandex para obtener mayor elasticidad, utilizado en la confección de jeans de mujer, gracias a su elasticidad se ajusta al cuerpo, pero con la ventaja que brinda comodidad y no resta movimiento;
- Denim de ramio: se caracteriza por su resistencia frente a las bacterias y al moho. Se mezcla con otras fibras como el algodón, poliéster y lycra para evitar la formación arrugas.

2.2.3 Colorante índigo.

El colorante índigo es usualmente usado para brindar color a los jeans azules, los cuales provienen de los tejidos denim. Chávez (2017) expresa que existe una gran variedad de colorantes índigos de fuente natural o sintéticos, estos últimos son los que predominan dentro de la industria textil, que el índigo es un colorante insoluble en agua y para ser disuelto se debe reducir a su forma leuco. Los tejidos denim tinturados con colorante índigo tiene una gran ventaja al ser tratados con proceso de lavado, estos pueden variar el tono ayudando a la moda del jean.

Quintero and Cardona (2010) puntualiza que “el color índigo pertenece a la familia de los tintes tina...se representa mediante la siguiente fórmula $C_{12}H_{10}O_2N_2$... presentando una gran insolubilidad en agua, alcohol y éter debido a sus fuerzas intermoleculares... pero presenta una gran solubilidad en cloroformo, nitrobenzeno y en el ácido sulfúrico” (pp. 373-374). El colorante índigo posee las siguientes características como muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Características del colorante índigo

Característica	Calificación
Solidez al cloro o Solidez al frote	Mala
Solidez al lavado o Solidez a la luz	Buena
Solidez al ozono	Regular

Fuente: (Chávez 2017)

2.2.4 Permanganato de potasio.

Departamento de química orgánica (2016) estudio que el permanganato de potasio (KMnO_4) es un agente oxidante fuerte, que se puede utilizar dentro de la industria textil para brindar acabados a los tenidos denim o también para el tratamiento de aguas residuales y se presenta en estado sólido, sus cristales son de color púrpura oscuro, inoloro, soluble en agua, alcohol, ácido acético y acetona, formando soluciones rosadas hasta púrpuras oscuras dependiendo de la concentración que se utilice. El manejo del permanganato se debe hacer con precaución ya que es nocivo para la salud cuando existe inhalación, ingestión, contacto con los ojos y piel.

2.2.5 Proceso de lavado de tejidos denim.

El proceso de lavandería de las prendas confeccionadas con tejidos denim pasan los siguientes subprocesos:

2.2.5.1 *Desengomado.*

Maya (2012) expone sobre los hilos de urdimbre que componen el tejido denim antes del proceso de tejeduría, son recubiertos por sustancia adhesiva conocida como goma, encolantes o almidones para evitar que se rompan cuando son tejidos. Estos tejidos cuando se encuentran en área de acabados, el proceso de desengomado o desalmidonado tiene por objetivo eliminar toda la goma y otros productos que se le agregaron a los hilos, dándole una buena humectación al tejido así evitando que se generen pliegues y quiebres.

2.2.5.2 *Stone Washing.*

Maya (2012) especifica que es el proceso donde se le brinda el aspecto de envejecido a las prendas confeccionadas con tejido denim, se da un desgaste homogéneo y como resultado deja puntos blancos en la superficie de forma aleatoria y la intensidad de lavado se puede observar entre los puntos blancos que se forman en la superficie del tejido. El envejecido se puede obtener por 3 procesos: la abrasión enzimática, la abrasión mecánica y por la combinación de la abrasión enzimática y mecánica.

2.2.5.3 Desactivación.

Maya (2012) menciona que este proceso tiene por objetivo eliminar la actividad enzimática, ya que puede dañar el tejido provocando la reducción de la resistencia. Este proceso se da cuando el envejecido se da por medio de la abrasión enzimática.

2.2.5.4 Bajado de tono.

Para el bajado de tono se suele utilizar agentes oxidantes, estos tienen por objetivo cambiar el tono del tejido dependiendo la necesidad del cliente, donde la concentración tiene un papel fundamental en el proceso.

2.2.5.5 Neutralizado.

El objetivo de este proceso es la eliminación de los productos oxidantes que se utilizaron en la etapa anterior, ya que puede ocasionar el amarillamiento, pérdida de resistencia y sangrado.

2.2.5.6 Blanqueo químico.

Blanqueo químico se da con la finalidad de evitar el amarillamiento de las prendas que fueron pasadas por los procesos anteriores mencionados.

2.2.5.7 Suavizado.

Este proceso tiene por objetivo brindar una mayor comodidad a las prendas y además se le puede proveer algunas características para proteger al tejido.

2.2.6 Resistencia del color al lavado.

La solidez del color al lavado se le define como la resistencia al cambio o sangrado del color de un tejido cuando está expuesto a factores externos como detergentes, blanqueadores y a la acción abrasiva, es decir cuando es expuesta los frecuentes lavados ya sean domésticos o comerciales.

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución del Ecuador.

De acuerdo al artículo 52 de la Constitución de la República del Ecuador (2021) menciona: “las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características”

Para lo cual se implementarán varios sistemas de control de calidad y deben cumplir los mismo, además de ser evaluados para ser comercializados. Por lo cual se busca encontrar cuales son las mejores condiciones en las que se puede brindar un buen proceso de bajado de tono a los tejidos denim, brindando una buena calidad a las prendas que son confeccionadas con este tipo de tejidos.

2.3.2 Líneas de investigación.

La Universidad Técnica del Norte presenta diferentes líneas de investigación, en el presente trabajo se enfoca en las siguiente:

- Producción Industrial, Tecnología Sostenible
- Gestión, Producción, Productividad, Innovación, Socio-económico (CUICYT n.d.)

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 Métodos de investigación

En esta etapa del proyecto se estableció los métodos de investigación a utilizar para indagar sobre la influencia del permanganato de potasio, en la resistencia del color al lavado en el proceso de bajado de tono del tejido denim índigo, donde se utilizó los siguientes tipos de investigación; bibliográfica, experimental, comparativa, para la obtención de datos y su posterior análisis.

3.1.1 Investigación bibliográfica.

La información utilizada para el desarrollo de esta investigación se obtuvo de fuentes bibliográficas, revistas indexadas, artículos científicos y libros de los estudios realizados a los acabados en prendas de telas de vaquero, tejidos denim, la acción de agentes oxidantes, reacción del permanganato de potasio dentro de la industria textil, norma de solidez del color al lavado, factores determinantes en lavandería de jeans y otros temas relacionados los cuales contribuyeron en su desarrollo.

3.1.2 Investigación experimental.

En esta etapa con ayuda de la información obtenida en la investigación bibliográfica. Las cuales fueron un aporte para la aplicación del permanganato de potasio en el tejido denim, donde se realizó el estudio con los cambios de variables de concentraciones y tiempo, con la finalidad, de determinar el grado de influencia que tiene dicho producto en la resistencia del color al lavado, la metodología se realizó en cinco etapas en una secuencia lógica, siendo la primera la selección del género textil de denim a experimentarse. La segunda etapa las probetas fueron tratadas con el permanganato de potasio para la bajada de tono. En la siguiente etapa fueron los ensayos de solidez al lavado y al cambio de tono, que se realizó bajo la norma AATCC 61-2013 y la norma ISO 105 A06 respectivamente, de las cuales se obtuvo los datos para la tabulación con ayuda de una plantilla de Excel. Posteriormente, se categorizó los datos para su análisis y evaluación de resultados a través del programa estadístico Past4.

3.1.3 Investigación comparativa.

La investigación comparativa se enfoca en la recolección de información en su mismo ámbito para luego ser tabulados, encontrando en sus características similitudes o diferencias, permitiendo llegar a un análisis. Los resultados se compararon siguiendo las normas del laboratorio de la Carrera de Textiles.

3.2 Proceso parte experimental

En esta etapa se describe todos los pasos del proceso experimental que ayudo a la obtención de datos, desde la sección del género textil a experimentarse, pasando por la aplicación del permanganato de potasio con los cambios de variables, luego se realizó los ensayos en el laboratorio, para luego dar paso a la tabulación y como último paso la evaluación de resultados.

3.2.1 Flujograma general.

La parte práctica se dio en cinco fases principales, las mismas que se desarrollaron con la ayuda de los equipos e instalaciones de la Carrera de Textiles. A continuación, en la Figura 5 se describe las fases por las cuales se desarrolló la parte experimental de la investigación.

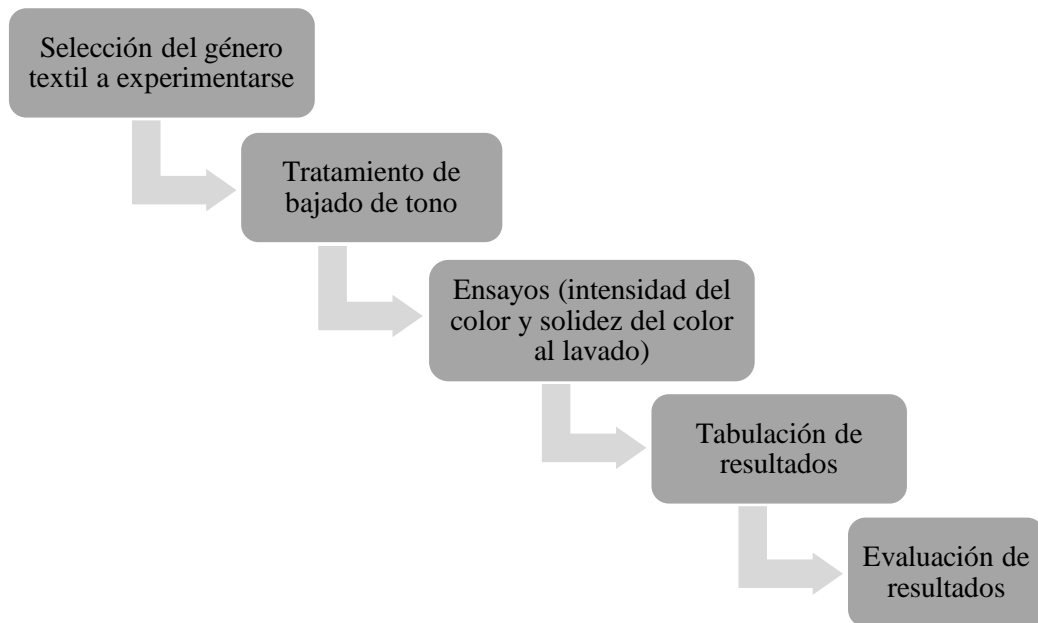


Figura 5. *Flujogramas de las fases de la parte práctica*

La parte experimental se realizó de acuerdo con las fases que se planteó anteriormente. A continuación, en la Figura 66 se especifica de manera más detallada los pasos elaborados que se aplicó al tejido, iniciando por la selección del género textil a experimentarse y preparación de las muestras, como segundo paso se dio el tratamiento de bajado de tono donde se realizó el estudio con los cambios de variables, para luego continuar con los ensayos de solidez al lavado y el testeo del color en el espectrómetro, la siguiente etapa fue la tabulación de datos y para finalizar la investigación se compararon y evaluaron los datos obtenidos.

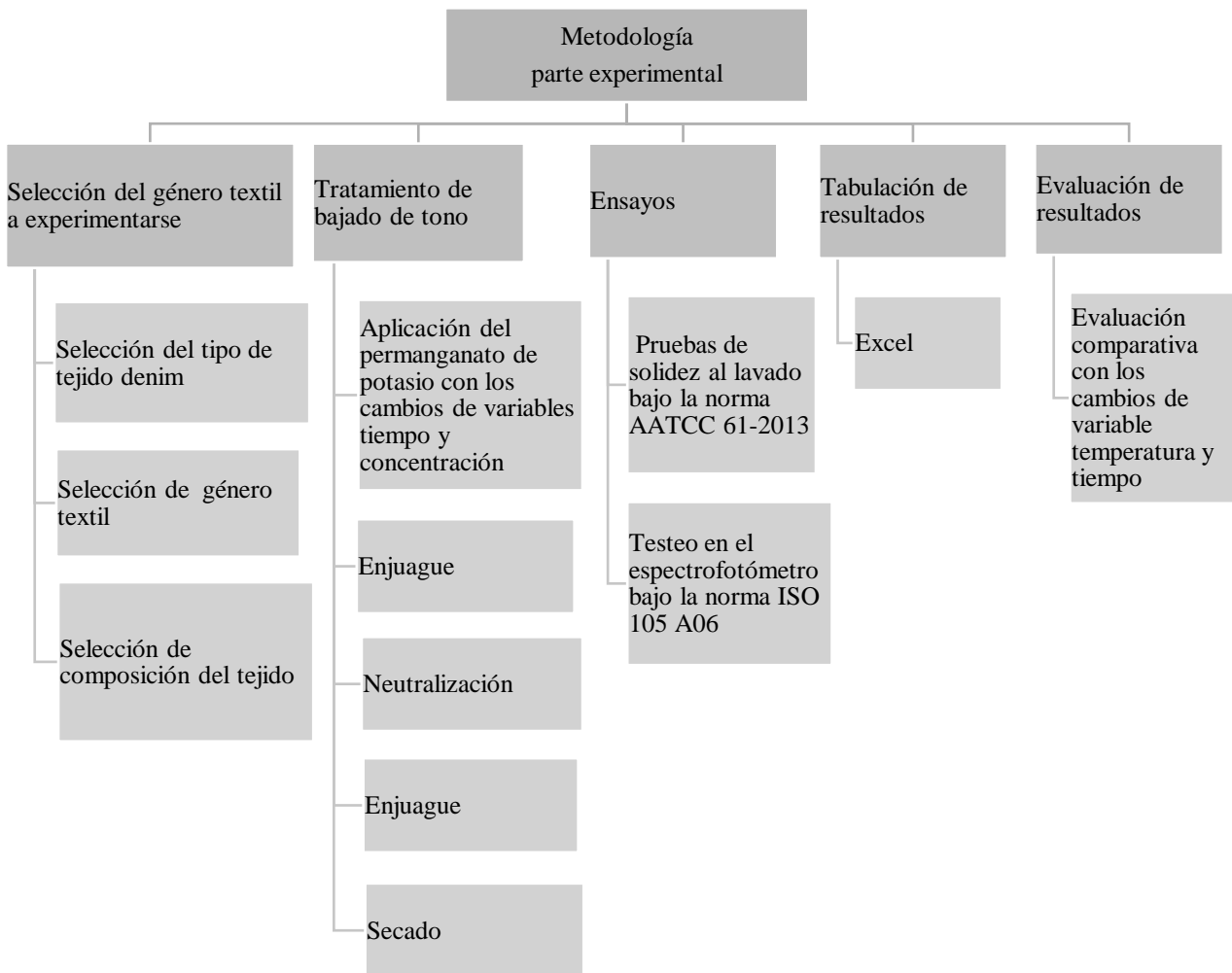


Figura 6. Metodología parte experimental.

3.2.2 Diseño muestral.

Caracterización del tejido

Para la parte experimental de esta investigación se utilizó un tipo de tejido denim, en la Tabla 7 se muestran la información técnica del tejido a experimentarse.

Tabla 7

Información técnica del tejido

Información técnica del tejido	
Tipo de tejido	Tejido plano
Ligamento	Sarga
Tipo de denim	Stretch
Nombre comercial	ELENA ORIGINAL BLUE
Composición	80% Co, 18% Pes, 2% Spandex
Ancho	65"
Gramaje	323,418 g/m ²
Rendimiento	6,05 m/kg

El flujograma muestral representado en la Figura 7 señala el proceso para la selección del género textil acorde a las características mostradas en la Tabla 7 el tipo de tejido denim de estudio fue el stretch, el que se compone de 80% de algodón, 18% de poliéster y 2% de spandex. Las muestras de tejidos pasaron por los subprocesos de desengomado y estoneado, para luego dar paso a su codificación, la cual está representada con la letra D que simboliza tejido denim, la letra M acompañada de un valor que especifica el número de probetas a utilizar, dividiendo en dos grupos G1 y G2 y a la vez estos dos grupos subdividiendo en DM01, DM02, DM03, DM04, DM05 para el grupo 1 y DM06, DM07, DM08, DM09, DM10 para el grupo 2.

Se dividió en dos grupos para en la parte experimental para dar el cambio de variable del tiempo, que varió en 10 minutos y 15 minutos respectivamente.

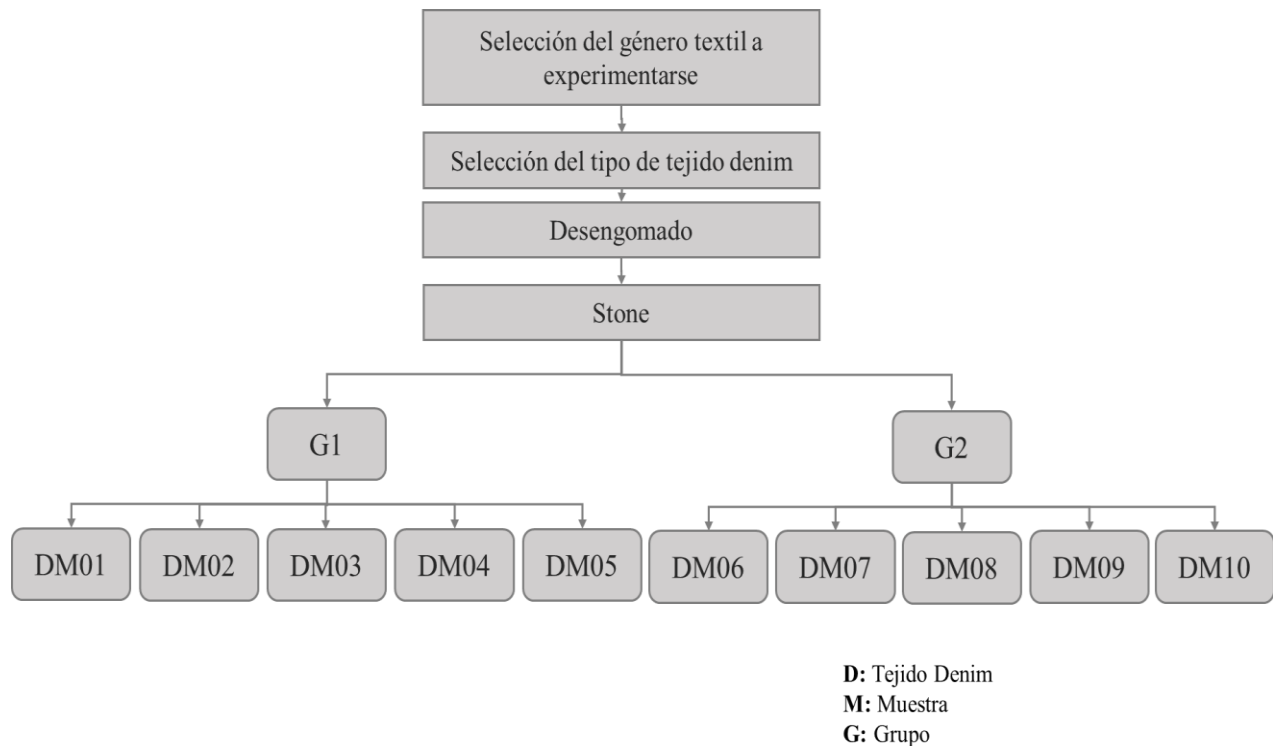


Figura 7. *Flujograma muestral para la obtención de muestras*

3.2.3 Pruebas de laboratorio y ensayos.

En esta etapa de la investigación es donde se da la aplicación del permanganato de potasio con los cambios de variables, los ensayos de solidez del color al lavado y el testeado de las coordenadas del color.

3.2.3.1 Bajado de tono

En Figura 8 muestra el proceso que se desarrolló en la parte experimental de la investigación, pero, resalta el subproceso donde se realizó los cambios de variables de concentraciones y tiempo:

1. El primer subproceso luego de obtener el género textil es el desengomado, se trabaja con una agente antidesegomante a una temperatura de 60 °C y con un tiempo de 10 minutos. Una relación de baño de 1:10. Se realiza un enjuague de 4 minutos;

2. El segundo subproceso es el Stone, con una relación de baño de 1:5, donde se utilizó un detergente, dispersante y una enzima a una temperatura de 60 °C por 30 minutos. Se realiza un enjuague de 5 minutos;
3. El siguiente es el bajado de tono, se trabajó con una relación de baño de 1:10 a temperatura ambiente. En este subproceso es donde se realizó el estudio con los cambios de variables de tiempo (T1: 10 minutos, T2: 15 minutos) y de concentración de permanganato de potasio (CP1:1%, CP2:2%; CP2:3%, CP2:4%, CP2:5%). Se realiza 2 enjuagues de 5 minutos.
4. Con la finalidad de eliminar la acción total del permanganato de potasio con ayuda del metabisulfito de sodio y ácido oxálico se realiza el proceso de neutralizado a una temperatura de 50 °C por 10 minutos. Se realiza 2 enjuagues de 4 minutos;
5. Como último paso se da un blanqueo por 10 minutos a una temperatura de 50°C. Se realiza 2 enjuagues.

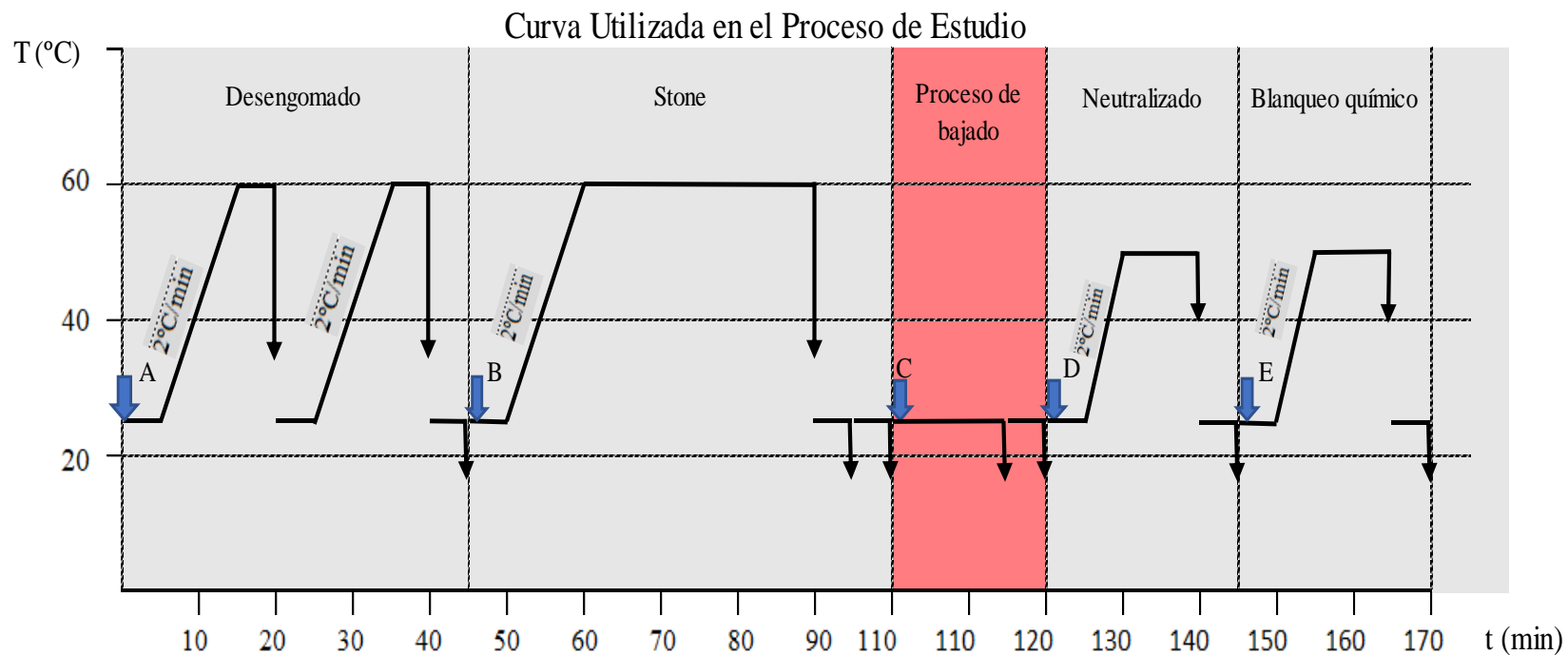
La relación de baño en los diferentes subprocesos se trabajó con las especificaciones de la Tabla 5, el control del pH se ayudó con las especificaciones de la Tabla 4 y para las temperaturas se tomó en cuenta la Tabla 3. El control de estos parámetros se dio con la finalidad que la investigación sea confiable.

A continuación, en la Tabla 8 se muestra las cinco concentraciones de permanganato de potasio que se utilizó para realizar la parte experimental de la investigación:

Tabla 8

Concentraciones de permanganato de potasio

Número de concentraciones	Porcentaje de concentración
1	1%
2	2%
3	3%
4	4%
5	5%



A: Detergente 2 g/L
 Antiquiebre 1 g/L
 Humectante 1g/L

B: Detergente 1 g/L
 Ácido acético 0,33 g/L
 Enzima ácida 0,2 %

C: Permanganato de potasio

D: Metabisulfito de sodio 8 g/L
 Ácido oxálico 2 g/L

E: Detergente 2 g/L
 Metasilicato de sodio 0,5 g/L
 Hidróxido de sodio 1 g/L
 Peróxido de hidrógeno 1,5 g/L

Brillo óptico 0,1 g/L

Figura 8. Curva utilizada en el proceso

En la Figura 9 muestra cómo se realizó el proceso para el bajado de tono aplicando el permanganato de potasio. Se tomará como principales variables dependientes la temperatura y las concentraciones del producto mencionado, por ende, su variable independiente será el tiempo. Las primeras pruebas (G1) se trabajaron en un tiempo de 10 min (T1) pero, se varió la concentración de permanganato de potasio (CP1T1:1%; CP2T1:2%; CP3T1:3%; CP4T1:4%; CP5T1; 5%). Mientras que el segundo grupo (G2) se trabajó en un tiempo de 15 min (T2) y las siguientes concentraciones de permanganato de potasio (CP1T2:1%; CP2T2:2%; CP3T2:3%; CP4T2:4%; CP5T2; 5%).

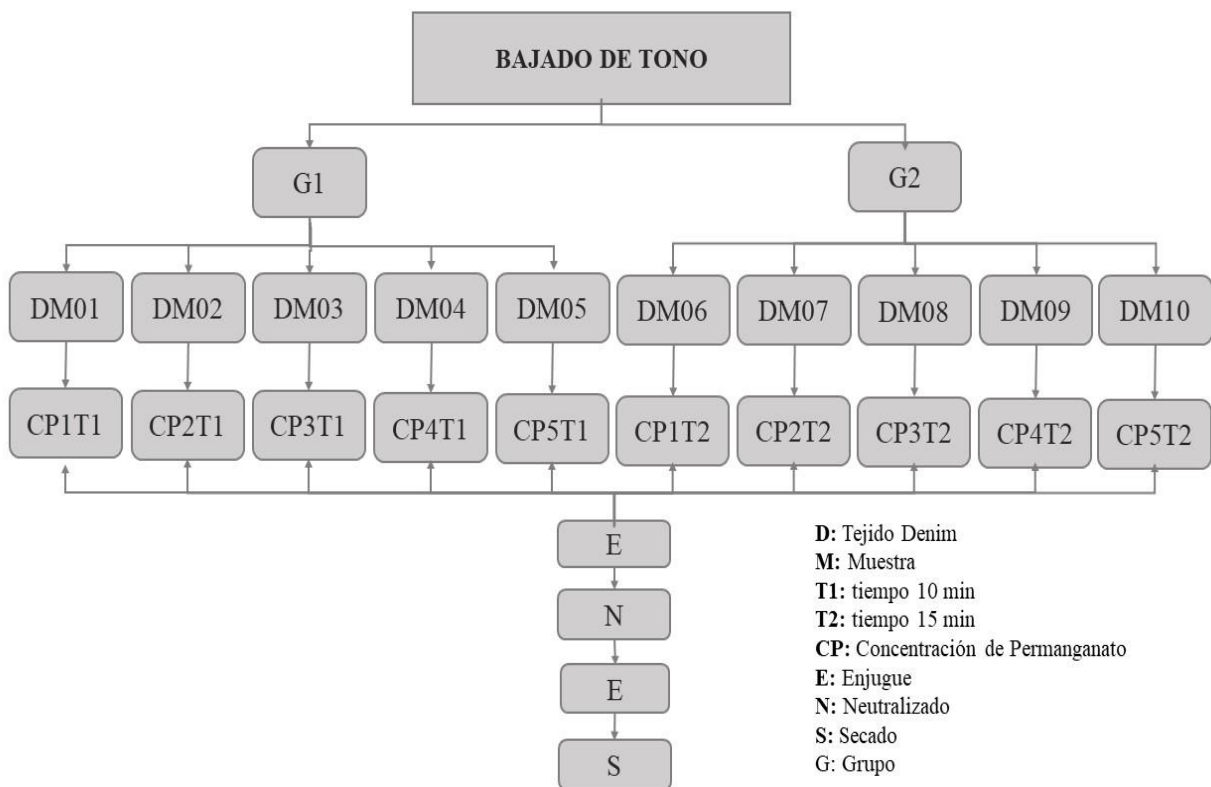


Figura 9. Flujograma muestral para el bajado de tono

Una vez aplicadas el proceso de bajado de tono, según las especificaciones de la norma ISO 105-A06 se realizaron sus respectivas mediciones en el espectrofotómetro con la finalidad de tener patrones de comparación luego que las probetas pasen por la prueba de solidez al lavado.

3.2.4 Ensayos de laboratorio.

El flujograma de ensayos representado en la Figura 10 indica el proceso de pruebas, una vez las probetas pasadas por el proceso de bajo de tono estas fueron expuestas a las pruebas de solidez al lavado (AATCC 61-2013) y posteriormente analizadas la intensidad del color (ISO 105 A06).

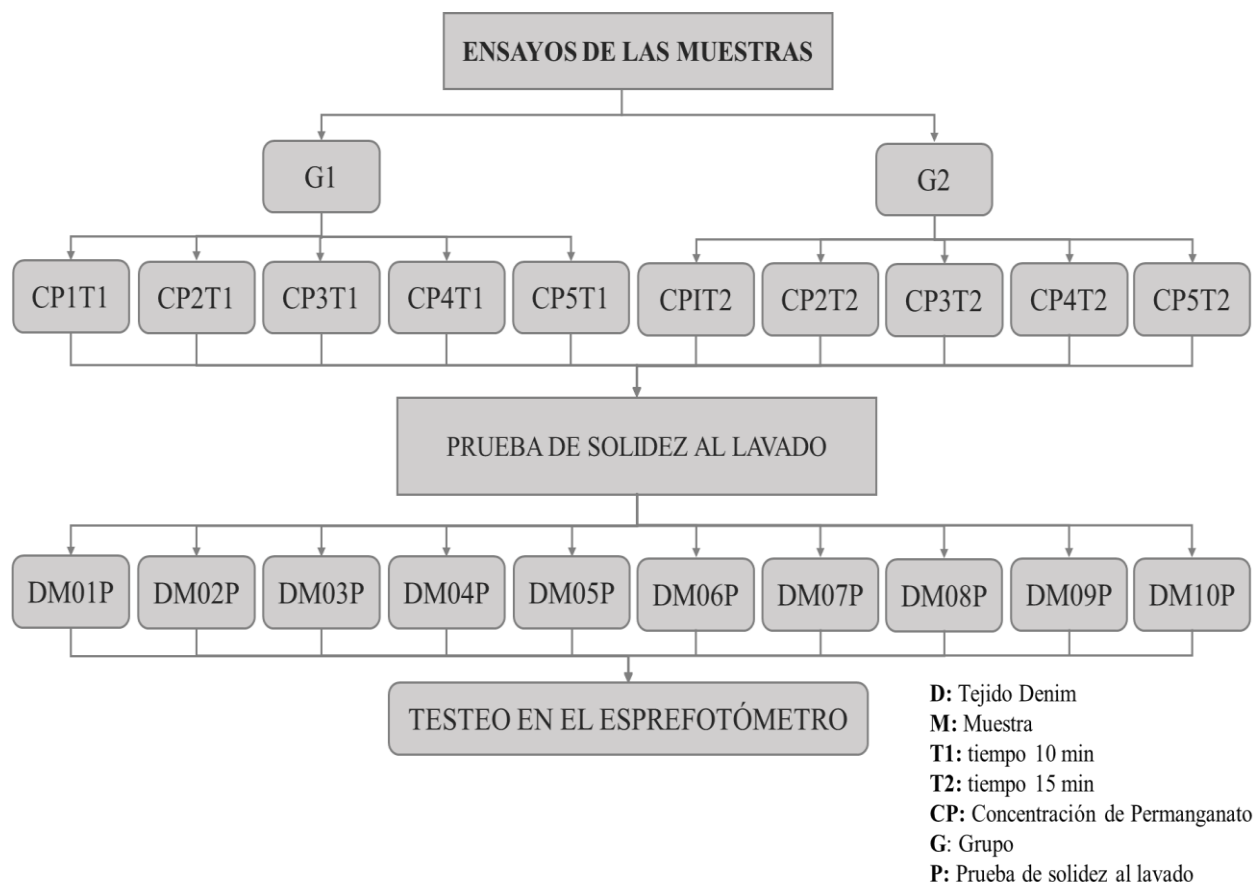


Figura 10. Ensayos aplicados

3.2.5 Evaluación.

En esta parte de la investigación se realizó una evaluación comparativa después del procedimiento de bajado de tono y el análisis de solidez al lavado. Se evaluó la intensidad del color con respecto a las concentraciones de permanganato de potasio y la variación del tiempo.

Como primer paso se realizó una evaluación comparativa de los resultados pruebas de bajado de tono.

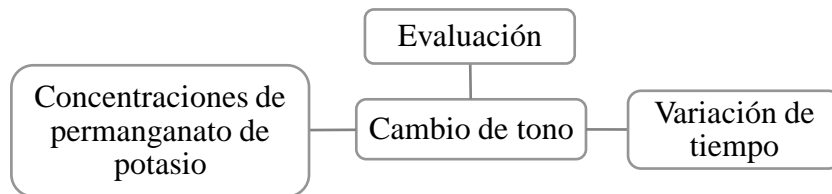


Figura 11. *Evaluación comparativa del cambio de tono*

En la Figura 11 muestra el procedimiento desarrollado para la evaluación comparativa de la intensidad de color en relación con la variación de tiempo y a la variación de concentración de permanganato de potasio.

El siguiente paso en la evaluación comparativa de los resultados se dio después de la prueba de solidez al lavado.

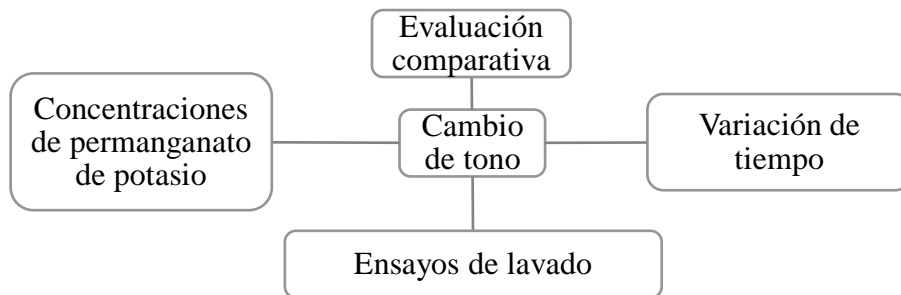


Figura 12. *Evaluación comparativa de la solidez del color al lavado*

La Figura 12 muestra el procedimiento desarrollado para la evaluación comparativa de la intensidad del color en relación con el ensayo de solidez al lavado.

A continuación, se realizó una evaluación comparativa de los resultados obtenidos en las pruebas de bajado de tono y solidez al lavado.

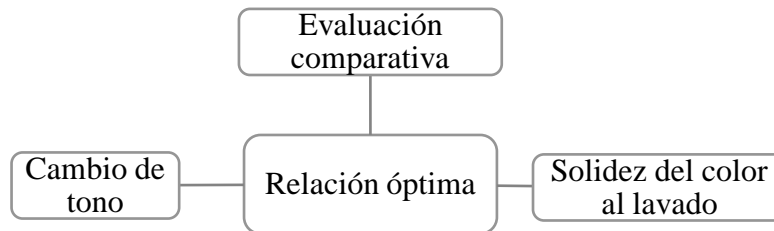


Figura 13. *Evaluación comparativa ente el cambio de tono y la solidez del color al lavado*

La Figura 13 muestra el procedimiento desarrollado para la evaluación comparativa del cambio de color con respecto a la prueba de solidez al lavado, es decir, se determinó cuál es el grado de influencia del porcentaje de permanganato de potasio y tiempo en el cambio de intensidad del color después de aplicar el ensayo de solidez al lavado.

3.3 Equipos

3.3.1 Máquina de tintura tipo III.

Sánchez (2017) menciona que las máquinas de tintura tipo III son “en las que textil y solución están en movimiento durante el proceso tintóreo” (p. 04).

3.3.1.1 Máquina lavadora.

Es empleada para el proceso de lavado y teñida del denim como se indicó en la Tabla 1 que se destaca para los procesos húmedos. Chávez (2017) manifiesta que esta máquina compone por un tambor rotatorio que gira para dar contacto de las prendas con el agua y los químicos. La máquina lavadora en general tiene una carga de forma lateral, las cuales son hechas con acero inoxidable lo que resiste a los choques mecánicos y a la acción química.

Según Cabrera 2022, citado en López y Erazo (2010 p.8) esta máquina está compuesta por las siguientes partes:

- Termómetro
- Visor de nivel de agua
- Flauta de vapor
- Sistema de alimentación y evacuación del agua
- Canasta



Figura 14. Lavadora industrial de jeans
Fuente: (Carrera de Textiles 2023)

3.3.2 Calderas

Esta máquina es empleada para la producción de vapor por medio de la acción del calor, es un recipiente cerrado que funciona a través de diésel, que al quemar funciona como generador de vapor.



Figura 15. Caldera
Fuente: (Carrera de Textiles 2023)

3.3.3 Centrifugadora

La centrifugadora tiene por objetivo eliminar la mayor humedad posible de los tejidos mediante una rotación, reduciendo el tiempo de secado.



Figura 16. Centrifugadora
Fuente: (Carrera de Textiles 2023)

3.3.4 Secadora

Es empleada para eliminar el 100% de la humedad y secar las prendas una vez concluido todo el proceso de lavado, su funcionamiento se da por el movimiento constante de las prendas dentro de un cilindro perforado, mientras circula un flujo de aire caliente a una temperatura y tiempos establecidos según el tipo de tejido.



Figura 17. Secadora
Fuente: (Carrera de Textiles 2023)

3.3.5 Espectrofotómetro

Según Böcekçi and Yildiz (2017) el espectrofotómetro es un dispositivo que se utiliza para determinar la información del color en base a las propiedades ópticas de material a estudiar, la medición del color por medio de la espectrofotometría de reflectancia se ha convertido en una herramienta fundamental para la caracterización de tejidos.

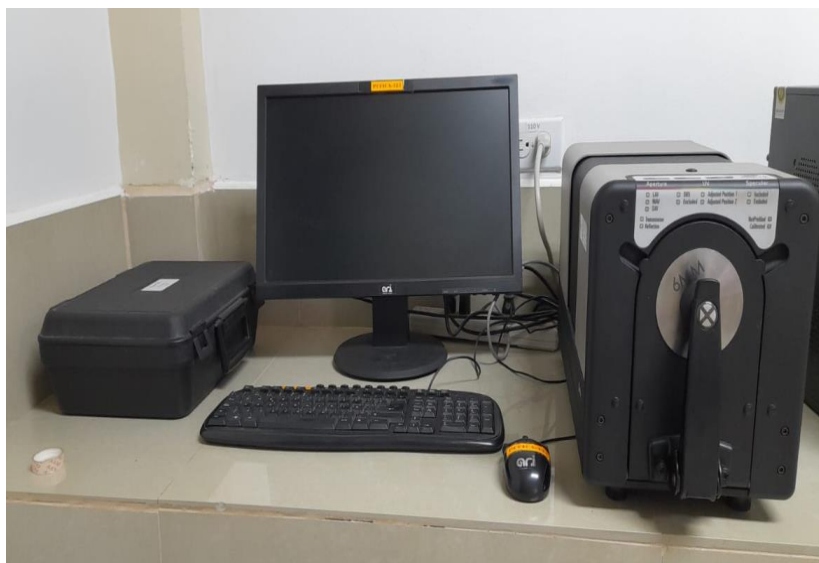


Figura 18. *Espectrofotómetro*
Fuente: (Carrera de Textiles 2023)

3.4 Normas aplicadas en la investigación

Después que las muestras pasaron por el proceso de bajado de tono con el cambio de variables, estas con ayuda del laboratorio de la Carrera de Textiles bajo normas estandarizadas serán sometidas a pruebas rigurosas de calidad.

3.4.1 Prueba de solidez del color al lavado, norma AATCC 61 – 2013.

La prueba de solidez del color al lavado acelerado realizada por el método 3 A en la autoclave RHS – 24 indica que se da para determinar la resistencia del color al lavado de textiles a ciertas condiciones. Las muestras que fueron expuestas a esta prueba de solidez al lavado deben presentar una variación en el color semejante al ocasionado por cinco lavados domésticos a 60 °C

con una variación de más menos 3 °C. Con ayuda del equipo de laboratorio Autoclave donde se configuró los parámetros mostrados en la Tabla 9 según indica en la norma AATCC 61-2013 y automáticamente la máquina inicio con el proceso.

Para realizar la prueba de solidez al lavado se las muestras bajadas el tono se tomó como referencia a la norma AATCC 61-2013 COLORFASTNESS TO LAUNDERING: ACCELERATED con las condiciones del método de prueba 3 A.

Tabla 9

Condiciones de prueba de método 3A de solidez al lavado

Temperatura (°C)	Volumen	Porcentaje de detergente en polvo	Porcentaje de cloro	Número de balines	Tiempo
49	150	0.15	None	50	45

Fuente: (American of Textile Chemists And Colorists 2010)

3.4.2 Prueba de medición del color, norma ISO 105 A 06.

Para medir la intensidad del color se guio en la norma ISO 105 A06, como primer punto se realizó las calibraciones respectivas. Las 10 probetas expuestas al proceso de bajado de tono, como indica la norma cuyas dimensiones mínimas fueron de 50 mm x 50 mm, en siguiente paso fue colocarlas en la apertura (25 mm) del espectrofotómetro, el cual nos indicará las coordenadas en el CIELAB (claridad, croma y matiz).

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados

En esta parte de la investigación se detalla los resultados adquiridos representados en las diferentes tablas, en una secuencia lógica y ordenada, de forma que permita observar la evolución de las muestras dependiendo el proceso y variables a analizar.

Inicialmente, las probetas base pasaron por los procesos de desengomado y stoneado con el propósito que se estuvieran preparadas para realización del bajado de tono, considerando los cambios de variables, luego finalizado con el ensayo de solidez al lavado bajo norma AATCC 61 2013. Por consiguiente, los valores numéricos obtenidos en las coordenadas CIELab, la variación del tono representada en Delta (E), por medio del equipo espectrofotómetro bajo la norma ISO 105 A 06; aquellos resultados fueron representados en tablas para ser analizadas en el programa Past 4 y Excel con la finalidad de garantizar fiabilidad de datos.

Las muestras fueron expuestas al espectrofotómetro con el fin de obtener coordenadas dCIELab, obteniendo datos numéricos de los siguientes aspectos:

- DL* luminosidad
- Da* coordenadas rojo/verde
- Db* coordenadas amarillo/azul
- DC* iluminante
- DH* tonalidad
- AP Delta (E) indica variación del color de las muestras aplicadas el bajado de tono
- PPLS Delta (E) indica variación del color de las muestras aplicadas la prueba de solidez al lavado.
- Gs cambio de color en la escala de grises

Como se mencionó en los capítulos anteriores se codificado para facilitar la interpretación, donde:

- “CP” indica la concentración de permanganato de potasio
- “T” indica tiempo de exposición
- CPnTn indica el número de muestra aplicado el bajado de tono
- “P” indica el ensayo de solidez al lavado
- DMnP indica el número de muestra aplicada la prueba de solidez al lavado

4.1.1 Resultados de intensidad del color.

En esta parte de la investigación se detalló los resultados de intensidad del color, que hace referencia a la variación del color en relación con el porcentaje de permanganato de potasio y la variación del tiempo de tratamiento, es decir, cuánto afecta la concentración y el tiempo en el cambio de tono.

En la siguiente Tabla 10 se muestran los datos que se obtuvieron comparando la muestra patrón, la cual solo paso por los procesos de desengomado y Stone (DM01), con las muestras del grupo 1, que fueron aplicadas a diferentes concentraciones de permanganato de potasio (1%, 2%, 3%, 4% y 5%) y con un tiempo de 10 minutos en el proceso de agotamiento, donde se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 10

Coordenadas dCIELab bajado de tono grupo 1

Muestras	Tiempo (min)	CP (%)	Cambio de color (Gs)	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	AP Delta (E)
CP1T1	10	1	1	8,98	0,12	-12,57	12,35	-2,38	13,96
CP2T1	10	2	1	33,65	-2,67	-17,22	16,79	-4,67	36,36
CP3T1	10	3	1	35,56	-2,83	-17,01	16,58	-4,75	38,02
CP4T1	10	4	1	37,79	-3,37	-16,56	16,14	-5,04	39,96
CP5T1	10	5	1	42,96	-4,01	-16,27	15,86	-5,4	44,69

En la columna 10 muestra los resultados el valor de Delta (E) que representa la similitud o precisión del color que equivale máximo a 1, en consecuencia, tiene relación al cambio de color que es calificado en la escala de grises (Gs) para todas las muestras, en la cual obtuvieron un valor

de 1, señalando la variación de tonalidades. Mientras, en la columna 5 los resultados de luminosidad (DL*) en la muestra CP5T1 se tiene un 42,96 en el eje de las “Y” que tiende tonalidad blanca a comparación a CP5T1.

En la columna 6 se detallan las coordenadas de rojo/verde (Da*) obteniendo una tendencia a tonalidad verde, excepto la muestra CP1T1 que tiene una tendencia a rojo, en la columna 7 se detallan las coordenadas de amarillo/azul (Db*) tiende a azul, en la columna 8 se detalla los resultados de iluminante (DC*) demuestra la saturación, puesto que, la muestra CP2T1 tiene mayor brillo con un valor de 16.79; en la columna 9 se detallan los resultados del matiz (DH*) de las muestras y en la última columna muestra los resultados Delta (E) como valor mínimo en la muestra que se aplicó 1% de permanganato de potasio se obtiene un delta (E)13.96 y en la muestra que se aplicó 5% con un delta (E) de 44.64, pero en comparación de la muestra 1% y 2% existe una gran variación en su delta (E).

En la Tabla 11 se muestran los datos que se obtuvieron comparando la muestra patrón, las cuales pasaron por los procesos de desengomado y Stone (DM01), con las muestras del grupo 2, que fueron aplicadas las diferentes concentraciones de permanganato de potasio (1%, 2%, 3%, 4% y 5%) y con un tiempo de 15 minutos en el proceso de agotamiento, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 11

Coordenadas dCIELab bajado de tono grupo 2

Muestras	Tiempo (min)	Concentración (%)	Cambio de color (Gs)	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	Delta (E)
CP1T2	15	1	1	17,4	-1,45	-15,17	14,76	-3,78	21,65
CP2T2	15	2	1	36,56	-3,42	-18,16	17,71	-5,27	39,38
CP3T2	15	3	1	38,71	-3,37	-18,8	18,35	-5,29	41,5
CP4T2	15	4	1	43,39	-3,42	-16,63	16,18	-5,14	45,1
CP5T2	15	5	1	46,84	-3,92	-17,48	17,05	-5,51	48,58

En la columna 10 muestra los resultados el valor de Delta (E) que representa la similitud o precisión del color que equivale máximo a 1, en consecuencia, tiene relación al cambio de color que es calificado en la escala de grises (Gs) para todas las muestras, en la cual obtuvieron un valor de 1, señalando la variación de tonalidades. Mientras, en la columna 5 los resultados de luminosidad (DL*) en la muestra CP5T2 se tiene un 46.84 en el eje de las “Y” que tiende tonalidad blanca a comparación a CP5T1.

En la columna 6 se detallan las coordenadas de rojo/verde (Da*) obteniendo una tendencia a tonalidad verde, en la columna 7 se detallan las coordenadas de amarillo/azul (Db*) tiende a azul, en la columna 8 se detalla los resultados de iluminante (DC*) demuestra la saturación, puesto que, la muestra CP3T2 tiene mayor brillo (18.35); en la columna 9 se detallan los resultados del matiz (DH*) de las muestras y en la última columna muestra los resultados Delta (E) como valor mínimo en la muestra que se aplicó 1% de permanganato de potasio se obtiene un valor de 21.65 y en la muestra que se aplicó 5% se obtiene un valor de 48,58, pero en comparación de la muestra 1% y 2% existe una gran variación en su delta (E).

4.1.2 Resultados de resistencia del color al lavado.

En esta parte de la investigación se detalló los resultados de resistencia del color al lavado que hacen referencia a la variación del color en relación la prueba de solidez al lavado, es decir cuánto afecta el tono de la muestra con respecto a la prueba de solidez al lavado que representa 5 lavados domésticos.

En la Tabla 12 se muestra los datos obtenidos comparando la muestra patrón (DM01), con las muestras del grupo 1 que fueron aplicadas el ensayo de resistencia del color al lavado según indica la norma (AATCC 61 - 2013):

Tabla 12

Coordenadas dCIELab aplicado la norma de resistencia del color al lavado grupo 1

Muestras	Tiempo (min)	Concentración (%)	Cambio de color (Gs)	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	Delta (E)
DM01P	10	1	1	18,36	-1,6	-14,86	14,44	-3,85	22,13
DM02P	10	2	1	28,9	-2,13	-16,97	16,52	-4,41	31,81
DM03P	10	3	1	31,74	-2,43	-16,09	15,63	-4,5	33,99
DM04P	10	4	1	38,28	-2,57	-17,43	16,97	-4,72	40,25
DM05P	10	5	1	43,63	-3,14	-17,54	17,08	-5,07	45,18

En la columna 10 muestra los resultados el valor de Delta (E) que representa la similitud o precisión del color que equivale máximo a 1, en consecuencia, tiene relación al cambio de color que es calificado en la escala de grises (Gs) para todas las muestras, en la cual obtuvieron un valor de 1, señalando la variación de tonalidades. Mientras, en la columna 5 los resultados de luminosidad (DL*) en la muestra CP5T2 se tiene un 43.63 en el eje de las “Y” que tiende tonalidad blanca a comparación a CP5T1.

En la columna 6 se detallan las coordenadas de rojo/verde (Da*) obteniendo una tendencia a tonalidad verde con valores negativos, en la columna 7 se detallan las coordenadas de amarillo/azul (Db*) tiende a azul, en la columna 8 se detalla los resultados de iluminante (DC*) demuestra la saturación, puesto que, la muestra DM05P tiene mayor brillo (17.08); en la columna 9 se detallan los resultados del matiz (DH*) de las muestras y en la última columna muestra los resultados Delta (E) como valor mínimo en la muestra que se aplicó 1% de permanganato de potasio se obtiene un valor de 22.13 y en la muestra que se aplicó 5% se obtiene un valor de 45.18, pero en comparación de la muestra 1% y 2% existe una gran variación en sus delta (E).

En la Tabla 13 se muestra los datos obtenidos comparando la muestra patrón (DM01), con las muestras del grupo 2 que fueron aplicadas el ensayo de resistencia del color al lavado según indica la norma (AATCC 61 - 2013)

Tabla 13*Coordenadas dCIELab aplicado la norma de resistencia del color al lavado grupo 2*

Muestras	Tiempo (min)	Concentración (%)	Cambio de color (Gs)	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	Delta (E)
DM06P	15	1	1	18,24	-1,12	-15,95	15,6	-3,55	22,64
DM07P	15	2	1	38,99	-2,79	-17,44	17,03	-4,71	41,23
DM08P	15	3	1	38,75	-2,6	-18,45	18,03	-4,68	41,31
DM09P	15	4	1	44,4	-2,74	-17,84	17,42	-4,71	46,28
DM10P	15	5	1	48,78	-3,15	-15,66	15,24	-4,77	49,84

En la columna 10 muestra los resultados el valor de Delta (E) que representa la similitud o precisión del color que equivale máximo a 1, en consecuencia, tiene relación al cambio de color que es calificado en la escala de grises (Gs) para todas las muestras, en la cual obtuvieron un valor de 1, señalando la variación de tonalidades. Mientras, en la columna 5 los resultados de luminosidad (DL*) en la muestra CP5T2 se tiene un 48.78 en el eje de las “Y” que tiende tonalidad blanca a comparación a CP5T1.

En la columna 6 se detallan las coordenadas de rojo/verde (Da*) obteniendo una tendencia a tonalidad verde con valores negativos, en la columna 7 se detallan las coordenadas de amarillo/azul (Db*) tiende a azul, en la columna 8 se detalla los resultados de iluminante (DC*) demuestra la saturación, puesto que, la muestra DM08P tiene mayor brillo (18.03); en la columna 9 se detallan los resultados del matiz (DH*) de las muestras y en la última columna muestra los resultados Delta (E) como valor mínimo en la muestra que se aplicó 1% de permanganato de potasio se obtiene un valor de 22.64 y en la muestra que se aplicó 5% se obtiene un valor de 49.84, pero en comparación de la muestra 1% y 2% existe una gran variación en sus delta (E).

4.2 Evaluación de resultados

Una vez concluido con la tabulación de datos, con ayuda de una herramienta estadística, en este caso el Past4 se da paso a la evaluación de normalidad y variabilidad, determinando así su grado de confiabilidad. Igualmente, con el objetivo de brindar una mejor interpretación y comprensión, se analizará los datos adquiridos en el proceso de bajado de tono en relación con el

tiempo y concentración, de la misma forma se evaluará los datos obtenidos después de haber aplicado la prueba de solidez al lavado según la norma AATCC 61: 2013 con el método 3A.

4.2.1 Normalidad de datos.

Con el objetivo de comprobar la distribución normal de los datos obtenidos en los ensayos de bajado de tono, pruebas de solidez y medición del color, los resultados fueron evaluados en un test de normalidad, el cual tiene por objetivo un análisis estadístico desarrollado en el Software Past4.3, para determinar su confiabilidad.

Tabla 14

Test de normalidad

	Concentración (%)	AP Delta (E)	PPLS Delta (E)
N	10	10	10
Shapiro-Wilk W	0,9181	0,8374	0,914
p(normal)	0,3411	0,04106	0,3099
Anderson-Darling A	0,3138	0,7615	0,384
p(normal)	0,4869	0,03128	0,3228
p(Monte Carlo)	0,5163	0,0325	0,33
Lilliefors L	0,1488	0,2794	0,2143
p(normal)	0,7609	0,02624	0,2114
p(Monte Carlo)	0,7655	0,0291	0,2128
Jarque-Bera JB	0,7042	2,343	0,8487
p(normal)	0,7032	0,3099	0,6542
p(Monte Carlo)	0,4885	0,0603	0,3775

En la Tabla 14 se detalla los resultados del valor p(normal), los cuales están basados en ensayos de Shapiro- Wilk W, Anderson- Darling A, Lilliefors L y Jarque- Bera JB. Se inclinó en el test de normalidad a Jarque- Bera, puesto que, sus resultados son superiores al 0.05 lo que nos brinda una confiabilidad del 95%, indicando que los datos no han sufrido ninguna irregularidad en las pruebas realizadas en la investigación, donde en la prueba de aplicación del permanganato de

potasio (AP Delta (E)) arrogo un p(normal) de 0.3099 y en las pruebas de solidez al lavado (PLS Delta (E)) arrogo un p(normal) de 0.6542.

4.2.2 Análisis de varianza

En la Tabla 15 se muestra el análisis de varianza al cual fueron sometidos los datos con el objetivo de analizar la dispersión de los valores obtenidos a través de las variables planteadas, con el fin, de conocer el comportamiento de las pruebas realizas en el laboratorio:

Tabla 15

Análisis de varianza

	Concentración (%)	AP Delta (E)	PPLS Delta (E)
N	10	10	10
Min	1	13,96	22,13
Max	5	48,58	49,84
Sum	30	369,2	374,66
Mean	3	36,92	37,466
Std. error	0,4714045	3,434092	3,02963
Variance	2,222222	117,9298	91,78656
Stand. dev	1,490712	10,85955	9,58053
Median	3	39,67	40,74
25 prntil	1,75	32,6825	29,5175
75 prntil	4,25	44,7925	45,455
Skewness	0	-1,40143	-0,6189201
Kurtosis	-1,333929	1,301498	-0,7564204
Geom. mean	2,605171	34,8881	36,20533
Coeff. var	49,6904	29,41373	25,57127

Se detalla el coeficiente de variación de las muestras sin la prueba de solidez (AP Delta (E)) es de 29.41373, y el coeficiente de variación de las muestras después de la prueba de solidez (PPLS

Delta (E)) es de 25.57127, permitiendo interpretar que la dispersión tiene una correlación regular de datos.

4.2.3 Influencia del permanganato de potasio en la variación del color

Para la interpretación se tomó los datos obtenidos de las Tablas 11 y 12 de bajado de tono, que se utilizó para realizar el análisis comparativo de la influencia de la concentración de permanganato de potasio con relación al tiempo de exposición aplicados a los grupos 1 y 2 que se trabajó con 10 y 15 minutos respectivamente, con el fin de determinar cuál de las dos variables posee un mayor grado de influencia en la variación de tono.

En la Figura 19 del diagrama estadístico de columnas agrupadas representa la comparación entre las probetas del grupo 1 y grupo 2, de bajado de tono que fueron aplicadas las mismas concentraciones de permanganato de potasio, pero, diferentes periodos de tratamiento, con la finalidad de determinar si el parámetro tiempo influye o no en la variación del color.

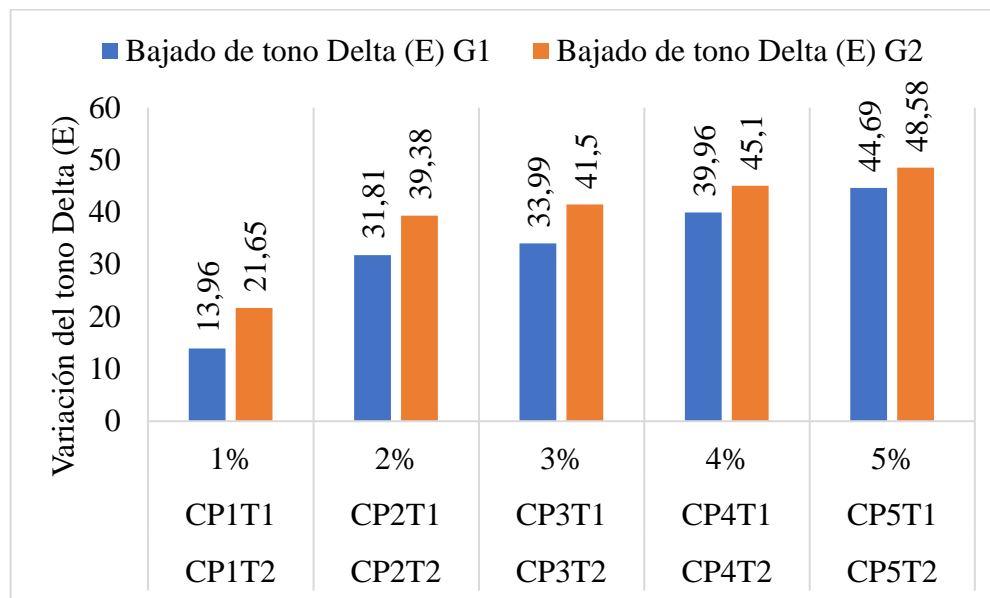


Figura 19. Diagrama de columnas agrupadas de la variación del tono del grupo 1 y 2

Señala la codificación acorde a las muestras comparadas y el número de grupo perteneciente; donde el color azul representa al grupo 1 y el color naranja representa al grupo 2,

que indica el tiempo de tratamiento, el porcentaje de concentración de permanganato de potasio que va del 1% hasta el 5% y la variación del tono calificadas en delta (E). De los datos obtenidos del gráfico se determina lo siguiente:

Al comparar las muestras CP1T1 y CP1T2, que se aplicó 1% de concentración se establece que el tiempo de tratamiento afecta directamente en la variación de tono, existiendo una tonalidad más clara en CP1T2, al cual se trabajó con un tiempo de tratamiento de 15 minutos. Entre las muestras CP2T1 y CP2T2, que se aplicó 2%, de modo que, el tiempo de tratamiento afecta en la variación de tono, existiendo una decoloración ligeramente más clara en la muestra CP2T2, en la cual obtuvo una calificación 39,38 en delta (E) en 15 min de permanganato de potasio. Las probetas CP3T1 y CP3T2, que se aplicó 3%, existe un tono más oscuro en la muestra CP3T1, donde se trabajó con un tiempo de tratamiento de 10 minutos, por otra parte, la muestras CP3T2 al estar expuesta a 15 minutos evidencia una variación de tono al obtener 41,5 delta (E). Las muestras que fueron colocadas al 4% y 5% de concentración, se identifica que el tiempo de 15 min de tratamiento afecta en la diferenciación de tono, puesto que, tiene influencia en el cambio de color. En comparación entre todas las probetas, el grupo dos obtiene mayor decoloración, destacando la muestra CP5T2 con un 48,58 delta (E).

A continuación, se indica en la Figura 20, que se compara a través de los promedios del grupo 1 con el tiempo de 10 min y el grupo 2 con el periodo de 15 min de tratamiento.

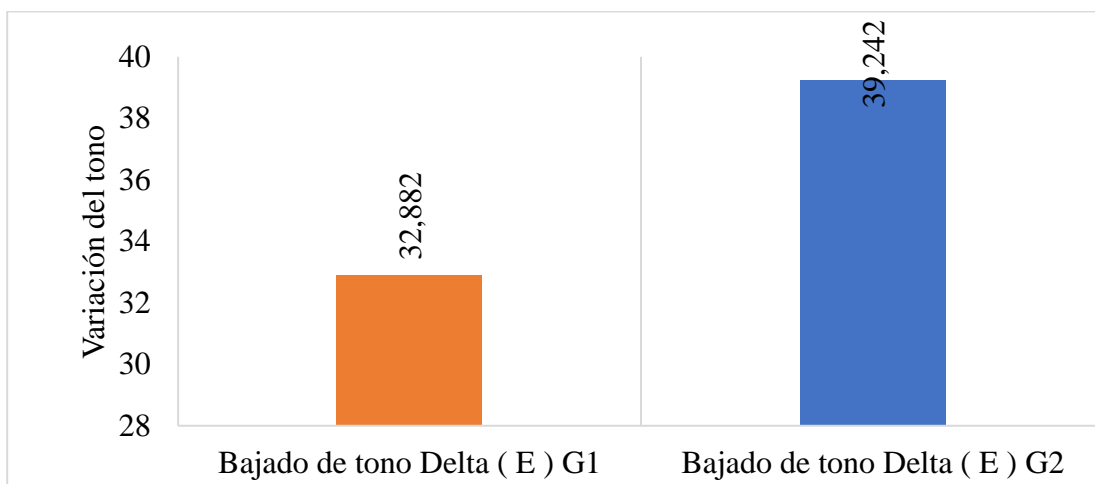


Figura 20. Diagrama de barra de los promedios de la variación del tono de los grupos 1 y 2.

Por consiguiente, el tiempo de tratamiento sí tiene influencia en el cambio de tono, por lo que al comparar las probetas del grupo uno que se trabajó con un tiempo de 10 min contra las muestras del grupo dos a 15 min, existe una diferencia en las tonalidades, por lo que las muestras del G2 tienden a una decoloración, debido que, al incrementar el tiempo de exposición el permanganato de potasio hacia el tejido, acrecienta la pérdida de color, como Yao and Wei (2013) menciona en su investigación de los efectos de la decoloración del permanganato de potasio en la sombra del denim explica que “Los resultados mostraron que el brillo y pérdida de color del denim generalmente se mejoró al aumentar el tiempo de procesamiento, $KMnO_4$, pero que afecta aún más el rendimiento de la mezclilla” (p. 190). Además, se establece que en tonos más oscuros la incidencia del tiempo es mayor, por ende, al aumentar el tiempo se vuelve proporcional a su decoloración del tejido denim.

En el diagrama de barras de la Figura 21 se puede observar la distribución de los datos, para realizar el análisis comparativo tomando en cuenta al grupo uno para determinar cuál es la influencia de la concentración del permanganato de potasio, es decir, se busca establecer si afecta o no en el cambio de color del tejido, trabajando en un mismo tiempo de tratamiento de 10 minutos.

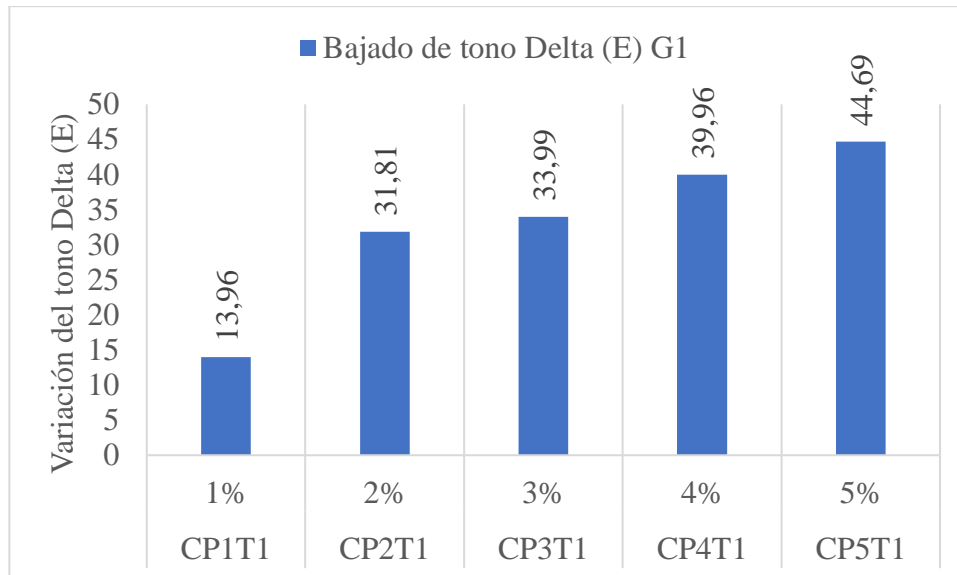


Figura 21. Diagrama de barras de la variación del tono del grupo 1

Se realiza la codificación acorde a las muestras del grupo 1, las cuales se trabajó con un tiempo de 10 minutos, el porcentaje de concentración de permanganato de potasio que va del 1% hasta el 5% y la variación del tono calificadas en delta (E). De los datos obtenidos del gráfico estadístico se determina lo siguiente:

Al comparar las muestras CP1T1 y CP1T2, las cuales se trabajó con 1% y 2% de permanganato de potasio, se establece que la concentración afecta directamente en el cambio de color, existiendo un cambio evidente en la probeta que se trabajó con 2% con un 36.36 delta (E).

Con respecto a la comparación de la muestra CP1T1 (1%) con las muestras que se trabajó con una concentración de 2%, 3%, 4% y 5% de permanganato de potasio existe variación en el tono, pero su diferencia no es tan notoria. Se infiere que si sigue aumentando las concentraciones su decoloración será mínima en comparación a la concentración de 1%, ya que el grado de blancura aumenta lo que impide que exista mayor variación en el tono.

En consecuencia, la concentración de permanganato de potasio tiene gran influencia en la variación de tono, por lo que al comparar las muestras que se trabajaron en el grupo 1 con diferentes concentraciones variando desde 1%, 2%, 3%, 4% hasta el 5%, existe una diferencia en las tonalidades. Entonces al incrementar la concentración existe mayor grado de oxidación generando mayor cambio de tonalidad, por lo que se puede establecer que a menor concentración menor cambio y mayor concentración el tono tiende a blanco, es decir, mayor cambio. Además, se establece que al aplicar concentraciones menores al 2% se puede dar mayor variedad en las tonalidades, por ende, al aumentar la concentración existen la tendencia de decoloración disminuye, ya que su grado de blancura aumenta, disminuyendo la variación del color en el tejido.

Con ayuda de la gráfica Matrix Plot se relacionó los datos obtenidos en el espectrofotómetro respecto al tiempo de aplicación y concentración con la finalidad de determinar si la variable tiempo o concentración tiene mayor influencia en la variación del tono en el tejido, que se muestra a continuación.

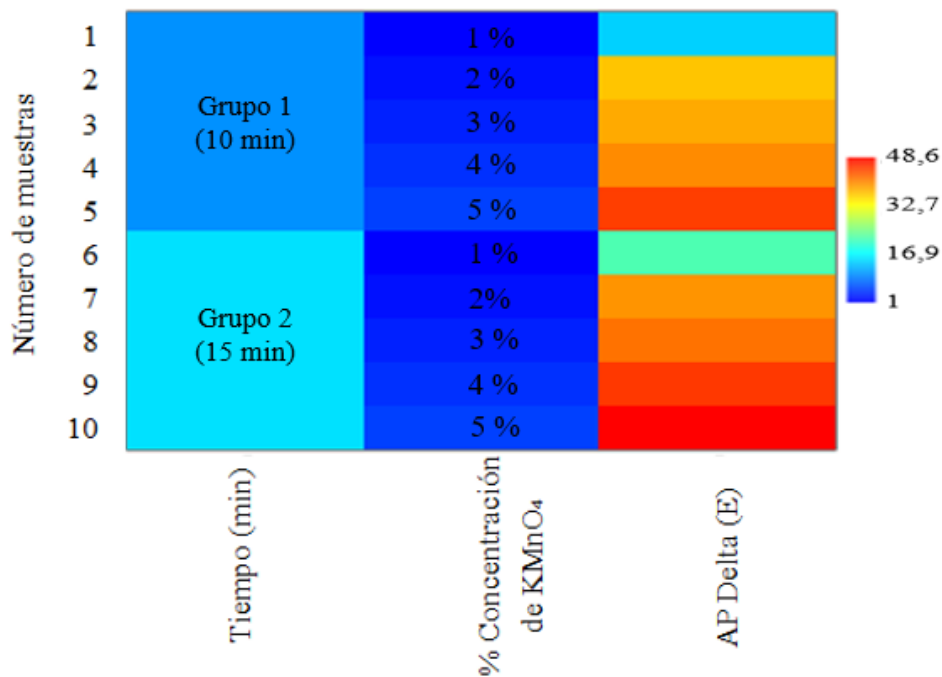


Figura 22. Gráfica Matrix plot de la aplicación del permanganato de potasio en relación con el tiempo de agotamiento

La Figura 22 muestra la comparación entre las muestras del grupo 1 que se dio un tiempo de agotamiento de 10 minutos, con las muestras del grupo 2 con 15 minutos, donde se observa que la variación del color se da por la concentración de permanganato de potasio, a mayor concentración existe mayor cambio de color y el tiempo de aplicación tiene ligera influencia en el resultado de cambio de color. Khalil (2015) menciona que el “aumento del tiempo de procesamiento y la concentración de KMnO₄, la cantidad de oxígeno liberado [O] aumentó y condujo a una mejora de la capacidad de oxidación que produce un cambio significativo en las propiedades de los pantalones” (p. 70).

Por lo tanto, el tiempo de tratamiento y la concentración de permanganato tienen influencia en la variación de tono, ya que el primero mencionado ayuda a mejorar el bajado de tonalidad, de modo que, a mayor tiempo el producto se distribuye de manera uniforme, aunque una vez llegado a su punto de saturación máxima ya no tiene efecto, es decir, si sobre pasa ya no surgirá cambio alguno en el color del tejido. Jeanero (2017) explica que el color índigo no penetra al interior del algodón, quedando en la superficie denominada como costra que va aumentando mientras más

baño sea aplicado. Entonces la concentración tiene incidencia por lo que al aumentar la concentración existe mayor variación en el tono, esto se debe al gran poder oxidante que posee el permanganato de potasio.

4.2.4 Influencia del permanganato de potasio en la resistencia del color al lavado

Para la interpretación se tomó los datos de las Tablas 13 y 14 del ensayo de solidez al lavado, utilizados para realizar el análisis comparativo considerando las dos variables que es la influencia de la concentración de permanganato de potasio y el tiempo de exposición, aplicados a los grupos 1 y 2; con el fin, de determinar cuál de los dos parámetros posee un mayor grado de influencia en la resistencia del color al lavado bajo la norma AATCC 61, que representa a 5 lavados domésticos.

En la Figura 23 muestra el diagrama estadístico de columnas agrupadas, individualiza las muestras del grupo 1 y como contraparte las probetas del grupo 2, calificadas posterior al lavado; tomando como punto de partida la variable independiente el tiempo de tratamiento y sin modificación de las concentraciones de permanganato de potasio, con la finalidad de determinar si a mayor o menor tiempo de exposición afecta o no resistencia del color.

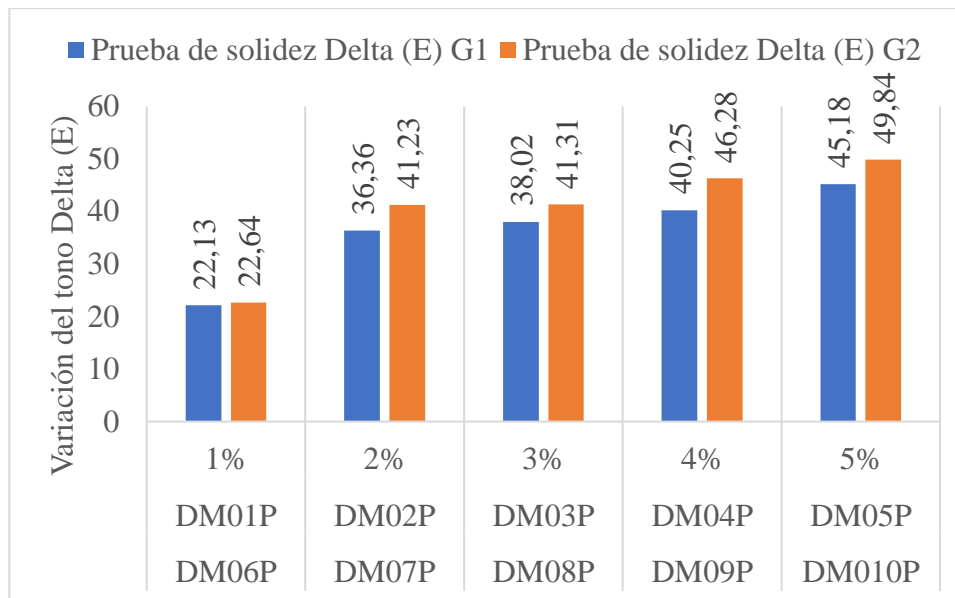


Figura 23. Diagrama de columnas agrupadas de la variación del tono aplicado la prueba de solidez al lavado

En el gráfico se señala la codificación acorde a las muestras comparadas y el número de grupo perteneciente; donde el color azul representa al grupo 1 y el color naranja indica al grupo 2, que especifica el tiempo de tratamiento (la barra azul simboliza a 10 min y la barra naranja a 15 min), el porcentaje de concentración de permanganato de potasio (1% - 5%) y la variación del tono calificadas en delta (E). De los datos obtenidos se interpreta lo siguiente:

Al comparar entre las muestras DM01P y DM06P, aplicadas al 1% de concentración de KMnO_4 , post-prueba de solidez al lavado se identificó mediante el espectrofotómetro que el tono no obtuvo una gran diferencia de valores, donde se trabajó a 10 y 15 minutos respectivamente, indicando que el tiempo de tratamiento no afecta en la resistencia de del color al lavado en las probetas mencionadas.

Con respecto a las muestras del grupo 1 y grupo 2 que se trabajó con una concentración 2%, 3%, 4% y 5% de permanganato de potasio, en los tiempos establecidos y post-prueba de solidez al lavado, se determinó que existe un cambio creciente en la variación de tono, por lo que se afirma que el tiempo de tratamiento afecta directamente en la resistencia del color al lavado.

En consecuencia, el tiempo de exposición al KMnO_4 no tiene gran influencia en las concentraciones bajas, sin embargo, al aumentar el tiempo de tratamiento en mayor cantidad de permanganato de potasio, afecta directamente a la resistencia del color al lavado, de modo que, el tejido genera mayor pérdida de color en el grupo dos, el cual se trabajó con un tiempo de 15 minutos.

En el gráfico estadístico de diagrama de columnas agrupadas de la Figura 24, señala la comparación del grupo 1, que se expuso a diferentes concentraciones desde el 1% hasta el 5%, en un tiempo de 10 minutos, el análisis abarca pre y post aplicar la prueba de solidez al lavado, con la finalidad de determinar si a mayor o menor concentración afecta o no a la resistencia del color al lavado.

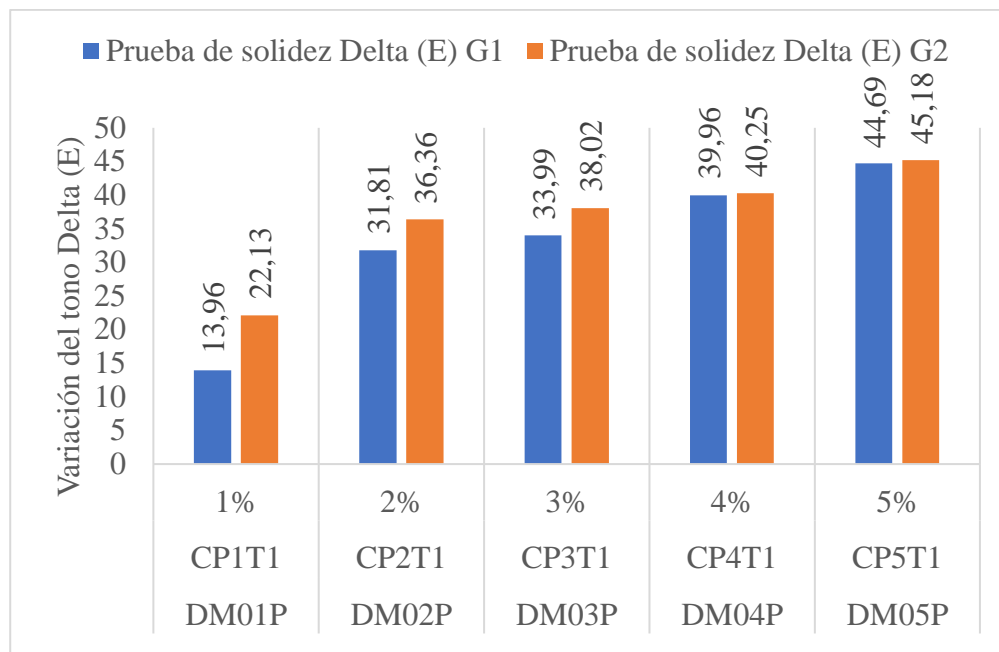


Figura 24. Diagrama de columnas agrupas de la variación del tono post ensayo de lavado del grupo 1

Acorde a las muestras comparadas y los proceso que se le aplicó se realiza su codificación; tomando como punto de partida el porcentaje de concentración de permanganato de potasio (1% - 5%) y la variación del tono calificadas en delta (E); las barras en el gráfico representan lo siguiente las barras azules la aplicación del permanganato de potasio (CPnTn) y la naranja la aplicación del ensayo de solidez (DMnP). De los datos obtenidos se interpreta lo siguiente:

Al comparar las muestras del grupo 1 que se aplicó el permanganato de potasio en diferente concentración (AP Delta (E)) con las muestras que se aplicó el ensayo de solidez al lavado (PPLS Delta (E)), se puede evidenciar que las probetas que fueron expuestas en las 3 primeras concentraciones, tienen una significativa variación del tono entre pre y post-lavado al 1% diferencia de 8,17 Delta (E), 2% con 4.15 Delta (E) y 3% de 4.03 Delta (E), siendo así, se determina que a menor concentración decrece la resistencia del color, en contraste con, las probetas trabajadas con las concentraciones 4% con 0.29 Delta (E) y 5% de 0.49 Delta (E), existe una variación no tan notoria desde la percepción visual, aunque revelando que tienen mayor resistencia de solidez al lavado al medir en el espectrofotómetro, esto se debe a las fibras de algodón que fueron tinturas con el color índigo tiende a reducir el porcentaje que recubre la fibra, por ende, Parvez, Rashid,

and Islam (2020) con base a sus resultados se infiere que al aplicar mayor concentración de permanganato de potasio este elimina mayor colorante de la fibra y al aplicar el ensayo de solidez al lavado elimina poca cantidad de residuos de colorante, al contrario de las muestras que tienen menor concentración de permanganato, estas poseen mayor cantidad de colorante en las fibras por lo que al aplicar el ensayo de solidez al lavado este genera mayor pérdida de color.

Con ayuda de la gráfica Matrix Plot se relacionó los datos obtenidos en el espectrofotómetro respecto al tiempo de aplicación y concentración con la finalidad de determinar cuál de las dos variables tiene mayor influencia en la resistencia del color al lavado, que se muestra a continuación.

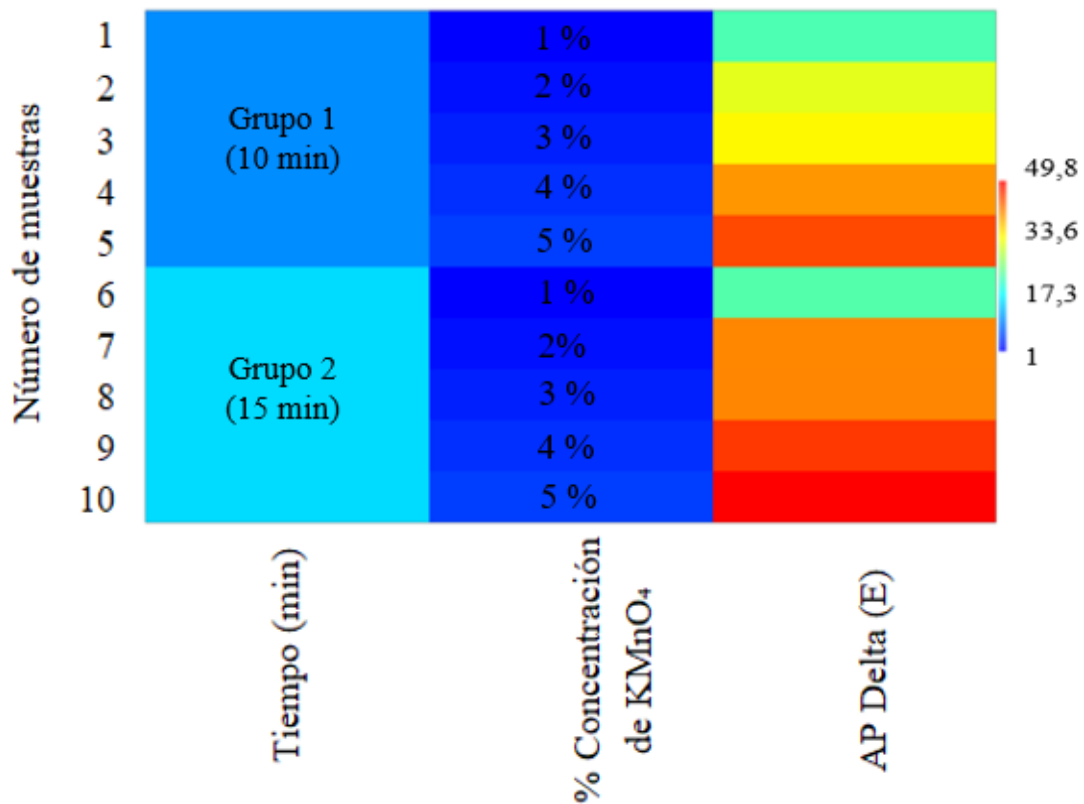


Figura 25. Gráfica Matrix plot de la aplicación del permanganato de potasio en relación con el ensayo de solidez al lavado

Los acabados que se les brinda a las prendas confeccionadas con tejido denim se ven afectadas por la variedad y concentraciones de químicos que se utiliza en los diferentes procesos. La Figura 25 muestra el resultado de la aplicación del permanganato de potasio en diferentes

concentraciones (1%, 2%, 3%, 4% y 5%) y tiempos (10 minutos y 15 minutos), acorde a la codificación de cada muestra. Además, se realizó el lavado bajo la norma AATCC 61-2013, que representa a 5 lavados domésticos. Donde se trata de analizar cuál es la concentración que presenta mayor sangrado y el tiempo óptimo para su aplicación. A continuación, se muestra la comparación entre las muestras del grupo 1 que se dio un tiempo de aplicación de 10 minutos, con las muestras del grupo 2 con 15 minutos, como dato más sobresaliente hay que resaltar que a las muestras dos (CP2T1) y tres (CP3T1) del grupo 1 con un delta (E) 31.81 y 33.99 respectivamente, presenta mayor cambio en comparación a las muestras dos (CP2T2) y tres (CP3T2) del grupo 2 con un delta (E) 41.23 y 41.31 respectivamente.

4.2.5 Resistencia del color al lavado respecto a la intensidad del color.

Para la interpretación se tomó los datos obtenidos de las Tablas (11, 12) de bajado de tono como contraparte, las Tablas (13, 14) del ensayo de solidez al lavado, utilizados para realizar el análisis comparativo de resistencia del color al lavado en relación con la intensidad del color, es decir se busca explicar si en tonos oscuros o claros existe mayor migración del color, tomando en cuenta el tiempo de tratamiento.

En la Figura 26 indica el diagrama de columnas agrupadas señala la comparación (pre y post) lavado entre las muestras del grupo 1 y 2 con los tiempos de 10 y 15 minutos respectivamente, que se trabajó con una concentración al 1% de permanganato de potasio, con la finalidad de determinar cuál es la influencia de la intensidad con respecto a la resistencia del color al lavado.

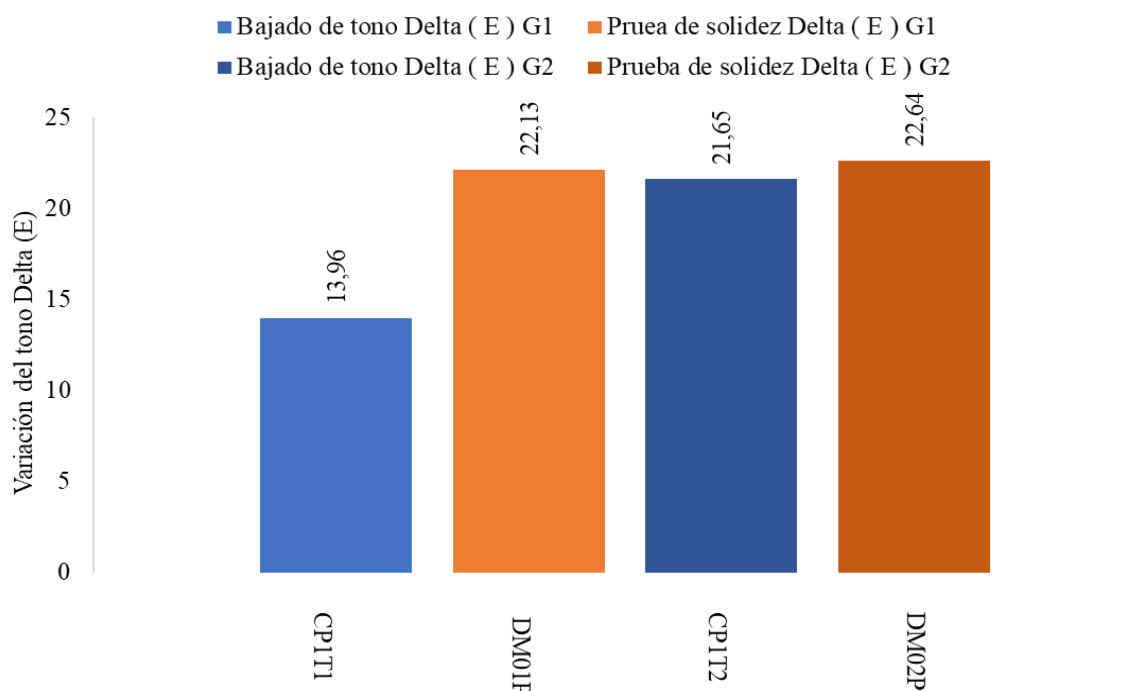


Figura 26. Variación del tono antes y post lavado de la muestra 1

Señala la comparación de las muestras trabajadas con una concentración al 1%, en el grupo 1 con tratamiento de 10 minutos (CP1T1 representada por el color azul) y grupo 2 con un tiempo de 15 minutos (CP1T2 representada por el color plomo) y las cuales fueron expuestas al ensayo de solidez al lavado. Al comparar las muestras se puede establecer lo siguiente: que la intensidad del color afecta directamente a la solidez del color al lavado en comparación con la muestra patrón (DM01), es decir, la concentración no afecta en la resistencia de la solidez al lavado, sin embargo, el tiempo tiene gran influencia, puesto que, la probeta trabajada con un tiempo de 15 minutos tiene una diferencia en su delta (E) de 0,99, determinando que del grupo 2 con las condiciones ya mencionadas sería la idónea, debido que, su delta (E) no es superior a 1 perteneciendo a buen grado de aceptabilidad al equivaler que existen una mínima diferencia entre lo medido y visualizado.

La Figura 27 representa el diagrama de columnas agrupadas señala la comparación (pre y post) lavado entre las muestras del grupo 1 y 2 con los tiempos de 10 y 15 minutos respectivamente, que se trabajó con una concentración al 2% de permanganato de potasio, con la finalidad de determinar cuál es la influencia de la intensidad con respecto a la resistencia del color al lavado.

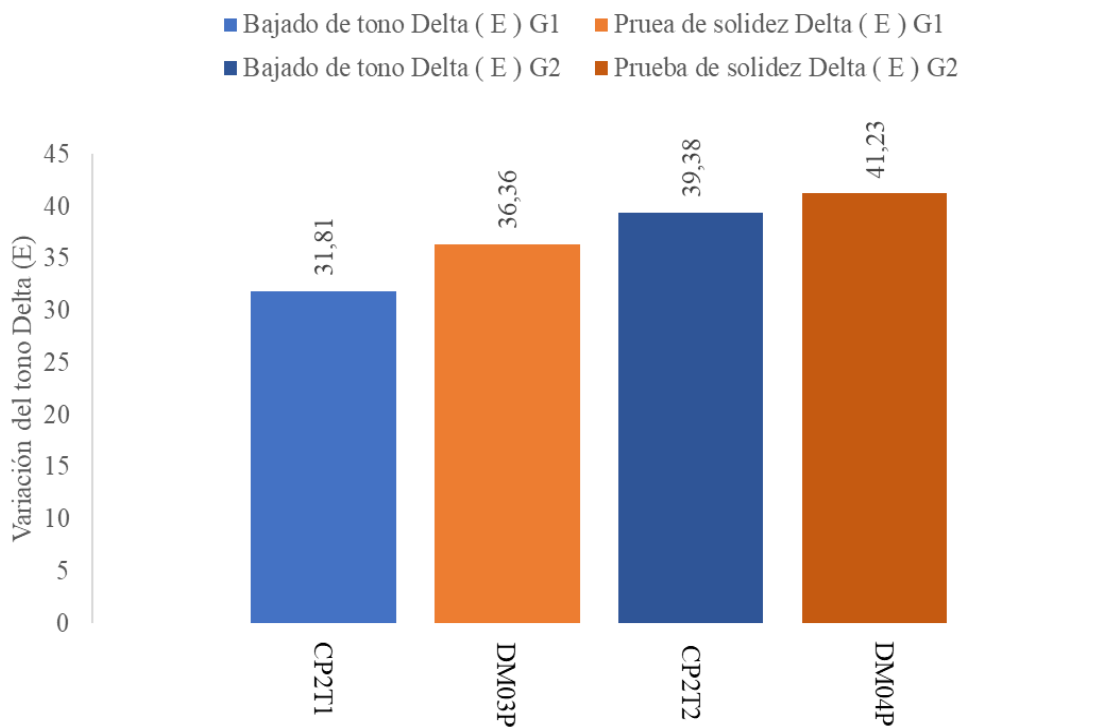


Figura 27. Variación del tono antes y post lavado de la muestra 2

Se agrupa las muestras trabajadas para la comparación: con concentración al 2%, en el grupo 1 con tratamiento de 10 minutos (CP2T1 representada por el color azul) y grupo 2 con un tiempo de 15 minutos (CP2T2 representada por el color plomo) y las cuales fueron expuestas al ensayo de solidez al lavado. Al comparar las muestras se puede establecer lo siguiente:

La intensidad del color afecta directamente a la solidez del color al lavado en comparación con la muestra patrón (DM01), es decir, la concentración no afecta en la resistencia de la solidez al lavado, sin embargo, el tiempo tiene gran influencia, puesto que, la probeta trabajada con un tiempo de 15 minutos tiene una diferencia en su delta (E) de 1.38, mientras que la probeta que se expuso a 10 minutos presenta una diferencia elevada de 4.15 en delta (E); determinando que la muestra del grupo 2 con las condiciones detalladas logra mejores resultados, aunque su delta (E) es superior a 1, al equivaler que existen una diferencia entre lo medido y visualizado.

El diagrama de columnas agrupadas que señala la Figura 28 detalla la comparación antes y post lavado de las muestras del grupo 1 y 2, que se trabajó con una concentración 3% de

permanganato de potasio en los tiempos de 10 y 15 minutos; el siguiente análisis se da con la finalidad de determinar cuál es la influencia la intensidad con respecto a la resistencia del color al lavado.

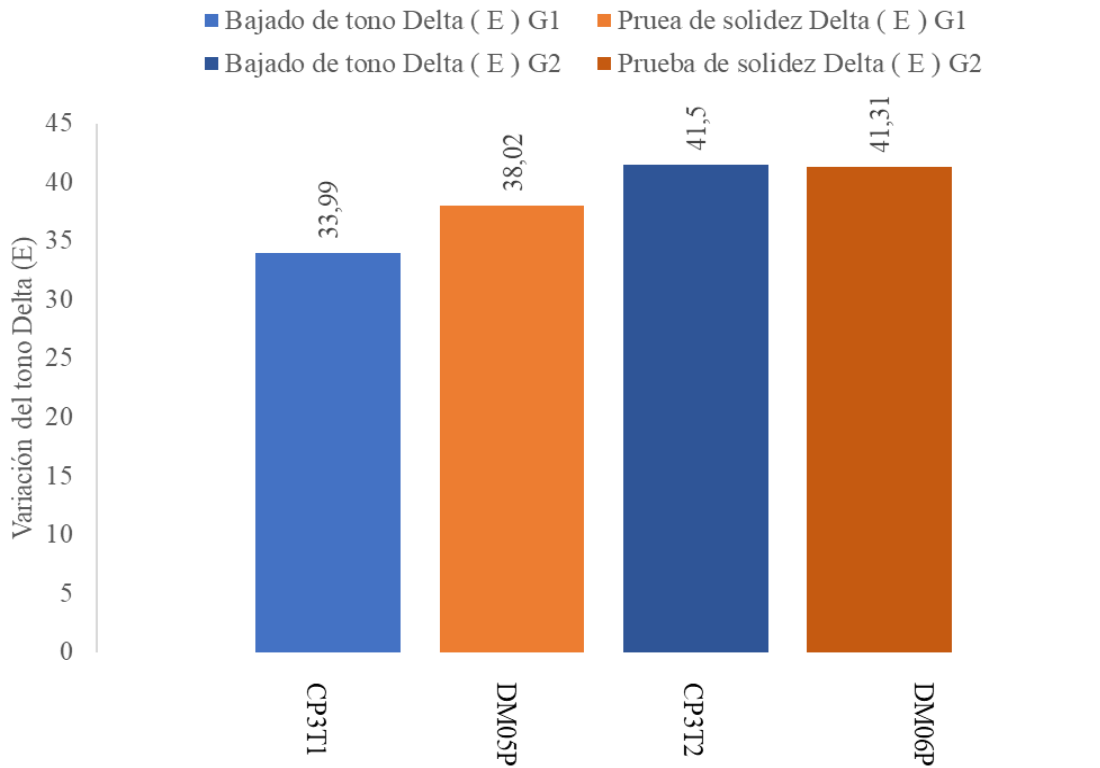


Figura 28. Variación del tono antes y post lavado de la muestra 3

La comparación de las muestras trabajadas con una concentración al 3%, en el grupo 1 con tratamiento de 10 minutos (CP3T1 representada por el color azul) y grupo 2 con un tiempo de 15 minutos (CP3T2 representada por el color plomo) y las cuales fueron expuestas al ensayo de solidez al lavado. Al comparar las muestras se puede establecer lo siguiente: que la intensidad del color afecta directamente a la solidez del color al lavado en comparación con la muestra patrón (DM01), es decir, la concentración no repercute en la resistencia de la solidez al lavado, no obstante, el tiempo tiene gran influencia, en vista que, la probeta con un tiempo de 15 minutos tiene una diferencia en su delta (E) de 0, comprobando que la muestra del grupo 2 con las condiciones

insinuadas es la idónea, puesto que, su delta (E) no es superior a 1 teniendo un buen grado de aceptabilidad.

A continuación, en la Figura 29 se señala antes y después de lavado de la muestra del grupo 1 y como contraposición la probeta del grupo 2, que se trabajaron a una concentración de 4% de permanganato de potasio con los tiempos de 10 y 15 minutos; a continuación, se analiza con la finalidad de determinar cuál es la influencia la intensidad con respecto a la resistencia del color al lavado.

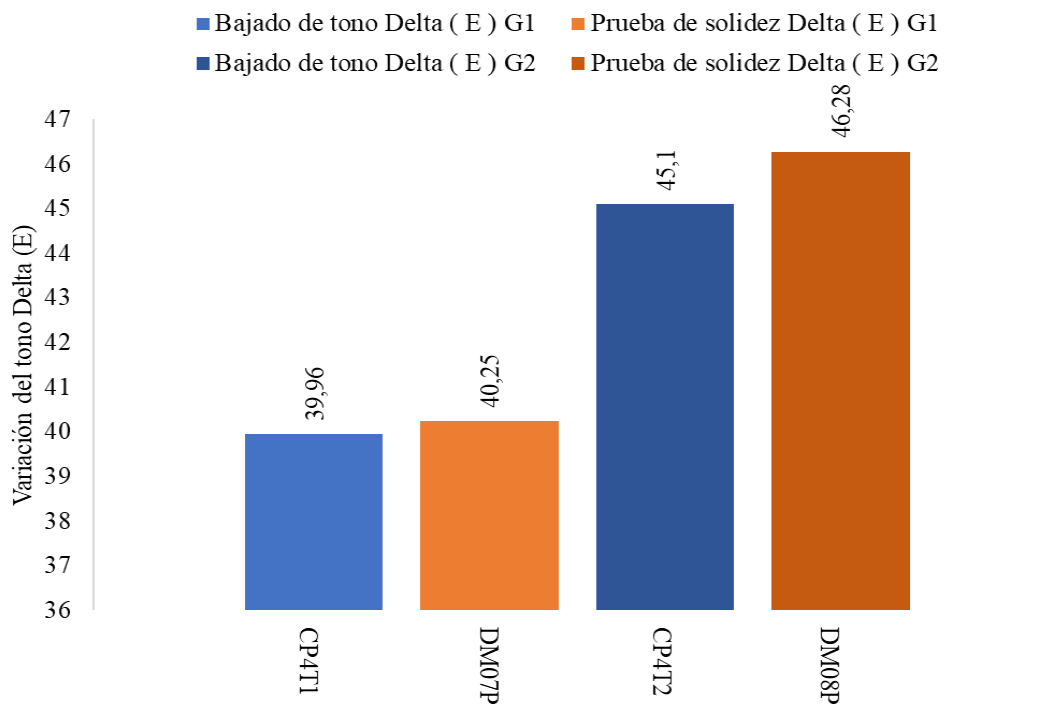


Figura 29. Variación del tono antes y post lavado de la muestra 4

Con el diagrama de columnas agrupadas permite el análisis comparativo entre las muestras del grupo 1 y 2, que se trabajó con una concentración 4% de permanganato de potasio en los tiempos de 10 y 15 minutos, antes y post lavado, el siguiente análisis se da con la finalidad de determinar cuál es la influencia la intensidad con respecto a la resistencia del color al lavado.

Se estableció que la intensidad del color afecta directamente a la solidez del color al lavado en comparación con la muestra patrón (DM01), dicho de otro modo, la concentración no afecta en la resistencia de la solidez al lavado, sin embargo, el tiempo tiene gran influencia, puesto que, la probeta trabajada con un tiempo de 15 minutos tiene una diferencia en su delta (E) de 1.18, mientras que la probeta que se expuso a 10 minutos presenta una diferencia 0.29 en delta (E) determinando que la muestra del grupo 1 con las condiciones ya mencionadas sería la idónea, debido que, su delta (E) no es superior a 1 perteneciendo a buen grado de aceptabilidad al equivaler que existen una mínima diferencia entre lo medido y visualizado.

La Figura 30 de diagrama de columnas agrupadas señala la comparación (pre y post) lavado entre las muestras del grupo 1 y 2 con los tiempos de 10 y 15 minutos respectivamente, que se trabajó con una concentración al 5% de permanganato de potasio, con la finalidad de determinar cuál es la influencia de la intensidad con respecto a la resistencia del color al lavado

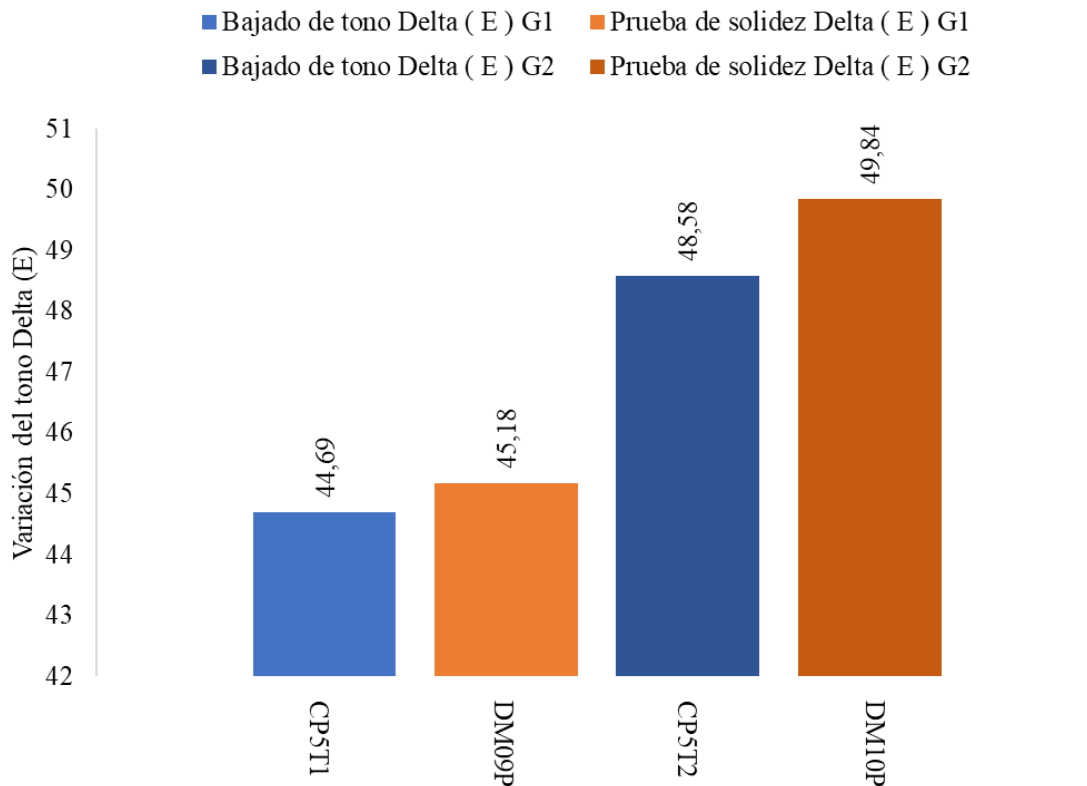


Figura 30. Variación del tono antes y post lavado de la muestra 5

Las muestras trabajadas con una concentración al 2%, en el grupo 1 con tratamiento de 10 minutos (CP5T1 representada por el color azul) y grupo 2 con un tiempo de 15 minutos (CP5T2 representada por el color plomo) y las cuales fueron expuestas al ensayo de solidez al lavado. Al comparar las muestras se puede establecer lo siguiente:

La intensidad del color afecta directamente a la solidez del color al lavado en comparación con la muestra patrón (DM01), es decir, la concentración afecta en la resistencia de la solidez al lavado, sin embargo, el tiempo no tiene gran influencia, puesto que, la probeta trabajada con un tiempo de 15 minutos tiene una diferencia en su delta (E) de 1.26, mientras que la probeta que se expuso a 10 minutos presenta una diferencia elevada de 0.49 en delta (E); determinando que la muestra del grupo 1 con las condiciones detalladas logra mejores resultados, aunque su delta (E) es superior a 1, al equivaler que existen una diferencia entre lo medido y visualizado.

La Figura 31 de diagrama de dispersión indica el comportamiento de las muestras antes de aplicar y después de aplicar el ensayo de lavado de los grupos 1 y 2, donde las líneas celestes indican cuál fue la variación de los datos al aplicar el proceso de bajado de tono y las líneas rojas indican el comportamiento de la variación de los datos después de aplicar el ensayo de solidez al lavado.

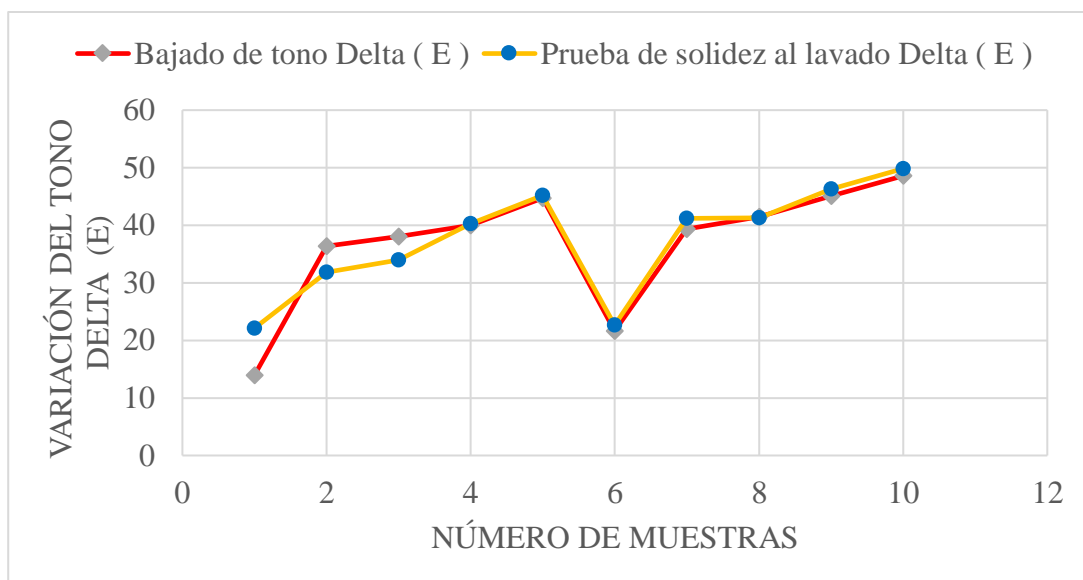


Figura 31. Diagrama de dispersión relación cambio de color con ensayo de solidez al lavado

La comparación de datos obtenidos en el ensayo de bajado de tono con los datos obtenidos después de las pruebas de solidez al lavado, donde se puede determinar que la intensidad del color influye en la resistencia del color al lavado, es decir, que en los colores más intensos donde se aplicó concentraciones bajas de permanganato de potasio (1%, 2% y 3%) existe mayor variación del color, pero, en las muestras que se aplicó concentraciones más altas (4% y 5%) existe mayor resistencia del color al lavado.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo con las caracterizaciones, evaluaciones y los análisis estadísticos de los datos obtenidos en los ensayos de solidez al lavado y medición del color del tejido denim aplicado un agente oxidante en este caso el permanganato de potasio con diferentes variables, realizados en la presente investigación se puede concluir que:

- A través de los estudios previos sugieren que al aumentar el tiempo de tratamiento y concentraciones estos ayudan a mejorar las propiedades del tejido, debido a que, la cantidad de oxígeno aumenta y por consecuencia se tiene una mejor capacidad de oxidación, por ese motivo se estableció en la investigación las siguientes variables: concentraciones de permanganato de potasio (1%, 2%, 3%, 4%, 5%) y el tiempo (10 min y 15 min).
- Al analizar la variable tiempo en el de bajado de tono se obtuvo un cambio de color, donde para el grupo 1 se obtuvo un Delta de 32.88 que se expuso por 10 min y para el grupo 2 que se trabajó por 15 minutos se obtuvo un Delta de 39.24, demostrando la incidencia del tiempo en la variación del tono afecta hasta llegar al punto de saturación del permanganato de potasio, es decir, que a mayor tiempo de exposición no sufrirá mayor cambio en el color, puesto que en la investigación trabajando con 5% de concentración máxima se pudo llegar a un cambio de 44,69 Delta (E) en el grupo 1 a 10 minutos y 48.58 Delta (E) en el grupo 2 a 15 minutos en comparación a la muestra patrón, aunque, a mayor tiempo exposición se puede tener mayor uniformidad del acabado en el tejido.
- Se comprobó que la variable concentración tiene mayor incidencia en la variación del tono a diferencia de la variable tiempo, debido que al aumentar la concentración de permanganato de potasio existe mayor degradación del color en el tejido, puesto que en la investigación trabajando con 5 concentraciones se pudo llegar a los siguientes cambios de tono con 1% su delta(E) es 13.69, con 2% su delta(E) es 36.36, con 3% su delta (E) es 38.02, con 4% su delta (E) es 39.96 y con 5% su delta (E) es 44.69 en comparación a la muestra patrón.

- Se determinó que al trabajar con menor concentración de permanganato de potasio y menor tiempo existe menor degradación del color, sin embargo, al aplicar el ensayo de solidez al lavado bajo la norma AATCC 61: 2013 el sagrado aumento, en cambio, si se aumenta la concentración y tiempo de tratamiento su degradación será mayor, pero, se tendrá una mejor solidez al lavado reduciendo el sangrado. Concluyendo que para aumentar la solidez al lavado es recomendable trabajar con 15 minutos de tratamiento.

5.2 Recomendaciones

- Utilizar los equipos de seguridad acorde a los ensayos y productos químicos empleados en los laboratorios de la Carrera de Textiles, en particular los componentes de protección respiratoria, debido que, a altas cantidades y periodos de inhalación de polvo puede originar edema pulmonar. Para ello, a la manipulación de los auxiliares es necesario el uso guantes y mascarillas quirúrgicas.
- Se recomienda trabajar con concentraciones superiores al 5% de permanganato de potasio para determinar si la variación de color es proporcional, por otra parte, no existe mayor efecto en las tonalidades en el tejido denim.
- Relacionado con la influencia del permanganato de potasio en la resistencia del color al lavado en el proceso de bajado de tono de un tejido denim índigo, se recomienda realizar nuevas investigaciones en muestras de mayor dimensión de las muestras, con la finalidad, de obtener una tonalidad uniforme y así reducir el margen de error al medir las coordenadas del color en el equipo espectrofotómetro X-rite. Así como, utilizar otros agentes oxidantes o reductores con la finalidad de determinar cuál es su comportamiento en relación con el permanganato de potasio.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Aleboye, Azam, Yasser Moussa, and Hamid Aleboye. 2005. "The Effect of Operational Parameters on UV/H₂O₂ Decolourisation of Acid Blue 74." *Dyes and Pigments* 66(2):129–34. doi: 10.1016/j.dyepig.2004.09.008.
- Barretto, Silvia. 2020. "Tecnología Del DENIM."
- Bauab, Carla. 2010. *Lavado de Índigos y Brines*.
- Ben, Sarra, Sidra Iftekhhar, Indu Ambat, Varsha Srivastava, Mika Sillanpää, Zahra Amri, and Neji Ladhari. 2018. "Dry and Wet Ozonation of Denim: Degradation Products, Reaction Mechanism, Toxicity and Cytotoxicity Assessment." *Chemosphere* 203:514–20. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.03.199.
- Böcekçi, Veysel Gökhan, and Kazım Yıldıız. 2017. "Hand-Held Spectrophotometer Design for Textile Fabrics." *AIP Conference Proceedings* 1884(1):030009. doi: 10.1063/1.5002519.
- Cabrera, Fausto. 2022. "INNOVACIÓN EN PROCESOS DE LAVANDERÍA DE DENIM."
- Chávez, Chistian. 2017. "Estudio de La Reducción Del Consumo de Agua En El Proceso Enzimático de Lavado de Pantalones Denim Mediante Combinación de Etapas."
- Constitución de la República del Ecuador. 2021. "Constitución de La República Del Ecuador." *Iusrectusecart* (449):1–219.
- CUICYT. n.d. "DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN – Universidad Técnica Del Norte." Retrieved October 16, 2022 (<https://www.utn.edu.ec/direccion/#1638195159181-36625c2c-87c5>).
- Departamento de química orgánica. 2016. "Prácticas de Químicas Aplicada a La Biología." (34).
- Ebrahimi, Izadyar, Mazeyar Parvinezadeh Gashti, and Mojtaba Sarafpour. 2018. "Photocatalytic Discoloration of Denim Using Advanced Oxidation Process with H₂O₂/UV." *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 360(March):278–88. doi: 10.1016/j.jphotochem.2018.04.053.

- Gemeay, Ali H., Rehab G. El-Sharkawy, Ikhlas A. Mansour, and Ahmed B. Zaki. 2007. "Preparation and Characterization of Polyaniline/Manganese Dioxide Composites and Their Catalytic Activity." *Journal of Colloid and Interface Science* 308(2):385–94. doi: 10.1016/J.JCIS.2006.12.077.
- Google Maps. 2022. "Google Maps." (8.5.2017):2003–5.
- Granja, Sasha. 2017. "“Diseño de Accesorios Con Motivos Étnicos Nacionales Para La Optimización de Remanentes En La Industria Del Denim de La Empresa Dextex y La Curtiduría “Camacho” Dirigido a Mujeres de 25 a 30 Años de La Ciudad de Ambato.”"
- Jeanero. 2017. "Cómo Se Hace Un Par de Jeans: El Índigo (Parte 3 de 6) – Jeanero." Retrieved February 2, 2023 (<https://jeanero.com/2017/08/08/como-se-hace-un-par-de-jeans-el-indigo-parte-3-de-6/>).
- Khalil, Elias. 2015. "Effect of Processing Time and Concentration of Potassium Permanganate on Physico-Mechanical Properties of Denim Jeans During Stone Washing." *Http://Www.Sciencepublishinggroup.Com* 3(6):68. doi: 10.11648/J.SI.20150306.12.
- Khalil, Elias, Atikur Rahman, and Md Solaiman. 2015. "(PDF) Investigation of the Influence of Potassium Permanganate on Denim Jeans Processing During Acid Wash." Retrieved October 16, 2022 (https://www.researchgate.net/publication/282658015_Investigation_of_the_Influence_of_Potassium_Permanganate_on_Denim_Jeans_Processing_During_Acid_Wash).
- Maya, Luis. 2012. "ANÁLISIS DEL PROCESO DE TINTURADO DE TELA PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO DE LAS OPERACIONES EN LA EMPRESA LAVATINTE DE LA CIUDAD DE AMBATO."
- McQueen, Rachel H., Jane C. Batcheller, Lori J. Moran, Han Zhang, and Peter M. Hooper. 2017. "Reducing Laundering Frequency to Prolong the Life of Denim Jeans." *International Journal of Consumer Studies* 41(1):36–45. doi: 10.1111/IJCS.12311.
- Mejía, Santiago. 2018. "Tela Denim Eco-d. Innvación Para La Industria."

- Mohammed, Grabsi, Zabat Nacéra, Khellaf Nabila, and Ismail Fadhel. 2019. "Synthesis of an Environmental Nano-Polyoxometalate (A₂P₂W₁₇CoO₆₁)⁸⁻ as Catalyst for Dyes Degradation: A Comparative Study Oxidation of Indigoid and Azo Dyes." *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 12:100269. doi: 10.1016/J.ENMM.2019.100269.
- Naranjo, Andrea. 2019. "Categorización de Los Residuos Textiles Del Denim."
- Parvez, Shohan, Sanjida Rashid, and Rashedul Islam. 2020. "(PDF) Assessing the Impact of Fading Effect by Potassium Permanganate Spray on Cotton-Jute Blended (Jutton) Denim Fabric Panel with Varying Parameters." *ResearchGate*. Retrieved February 2, 2023 (https://www.researchgate.net/publication/349625305_Assessing_the_Impact_of_Fading_Effect_by_Potassium_Permanganate_Spray_on_Cotton-Jute_Blended_Jutton_Denim_Fabric_Panel_with_Varying_Parameters).
- Quintero, Luz, and Santiago Cardona. 2010. "Technologies for the Decolorization of Dyes: Indigo and Indigo Carmine." *Technologies for the Decolorization of Dyes: Indigo and Indigo Carmine* 77(162):371–86.
- Sánchez, Juan. 2017. "[PDF] La Maquinaria de Tintura - Free Download PDF." Retrieved February 12, 2023 (https://nanopdf.com/download/la-maquinaria-de-tintura_pdf).
- Yao, Jiming, and Sainan Wei. 2013. "Effects of Potassium Permanganate Decoloration on Denim Shade." *Advanced Materials Research* 627:190–94. doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.627.190.

7 ANEXOS

7.1 Anexo A. Certificado de uso de laboratorio Planta textil UTN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA
DE TEXTILES



Ibarra, 18 de enero del 2023

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, Ingeniero **Fausto Gualoto M.** en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Textiles:

CERTIFICO

Que el señor **GAVILEMA GAVILEMA GEISON EULOGIO**, portadora de la cedula de ciudadanía N° 185058161-0, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado "**INFLUENCIA DEL PERMANGANATO DE POTASIO EN LA RESISTENCIA DEL COLOR AL LAVADO EN EL PROCESO DE BAJADO DE TONO DE UN TEJIDO DENIM ÍNDIGO**", los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **MÁQUINA DE LAVADO DE PRENDAS** - Subproceso de desengomado y stoneado
- **ESPECTROFOTÓMETRO** – Norma ISO 105 A06 Medición de la variación del color
- **JERO WASH** – Norma AATCC 61 2013 Prueba de solidez al lavado y subprocesos de bajado de tono y neutralizado
- **BALANZA ELECTRÓNICA**

Además, se le ayudo con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en cada una de las normas.

Atentamente:



El modo de autenticación por:
FAUSTO EDMUNDO
GUALOTO MAFLA

ING. GUALOTO FAUSTO M.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX

Anexo 1. Certificado de uso de laboratorio Planta textil UTN

Fuente: El Autor

7.2 Anexo B. Equipos y máquinas utilizadas en la investigación



Anexo 2. Balanza electrónica



Anexo 5. Espectrofotómetro



Anexo 3. Máquina de lavado de prendas



Anexo 6. Autoclave



Anexo 4. Centrífuga

7.3 Anexo C. Procedimiento y materiales utilizados en la investigación



Anexo 7. Preparación de las muestras



Anexo 9. Preparación de las soluciones de los auxiliares



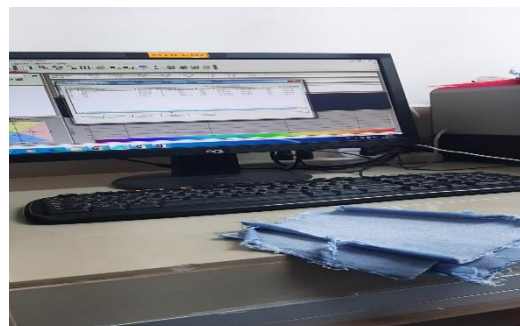
Anexo 8. Proceso de bajado de tono



Anexo 10. Preparación del ensayo de lavado



Anexo 11. Ensayo del lavado bajo la norma AATCC 61: 2013



Anexo 12. Medición del color en el espectrofotómetro

SYQ 0078

PERMANGANATO DE POTASIO

GENERALIDADES

El Permanganato de potasio, (KMnO_4) es un compuesto químico formado por iones potasio (K^+) y permanganato (MnO_4^-). Es un fuerte agente oxidante. Tanto sólido como en solución acuosa presenta un color violeta intenso.

APLICACIONES

El permanganato de potasio se utiliza en algunas ocasiones para realizar lavados gástricos en ciertas intoxicaciones ejemplo: fósforo blanco ref: Uribe Granja Manuel G., Heredia de C. Elsa. Fósforo, intoxicación por fósforo inorgánico. También en dermatología, por su acción antiséptica, astringente y desodorante en concentración de 1/10.000 ref:

Es utilizado como agente oxidante en muchas reacciones químicas en el laboratorio y la industria.

PELIGROS

El KMnO_4 sólido es un oxidante muy fuerte, que mezclado con glicerina pura provocará una reacción fuertemente exotérmica. Reacciones de este tipo ocurren al mezclar KMnO_4 sólido con muchos materiales orgánicos. Sus soluciones acuosas son bastante menos peligrosas, especialmente al estar diluidas. Mezclando KMnO_4 sólido con ácido sulfúrico concentrado forma Mn_2O_7 que provoca una explosión. La mezcla del permanganato sólido con ácido clorhídrico concentrado genera el peligroso gas cloro.

El permanganato mancha la piel y la ropa (al reducirse a MnO_2) y debería por lo tanto manejarse con cuidado. Las manchas en la ropa se pueden lavar con ácido acético. Las manchas en la piel desaparecen dentro de las primeras 48 horas. Sin embargo, las manchas pueden ser eliminadas con un sulfito o bisulfito de sodio.

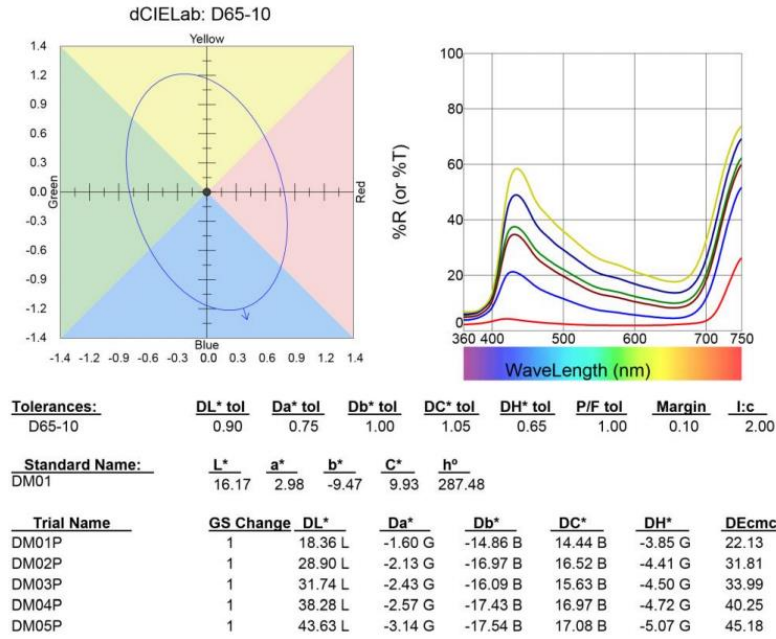
La información contenida en esta ficha técnica es de carácter general y se debe evaluar en cada caso específico, por lo cual no representa un compromiso de nuestra parte.

Anexo 13. Ficha técnica del permanganato de potasio

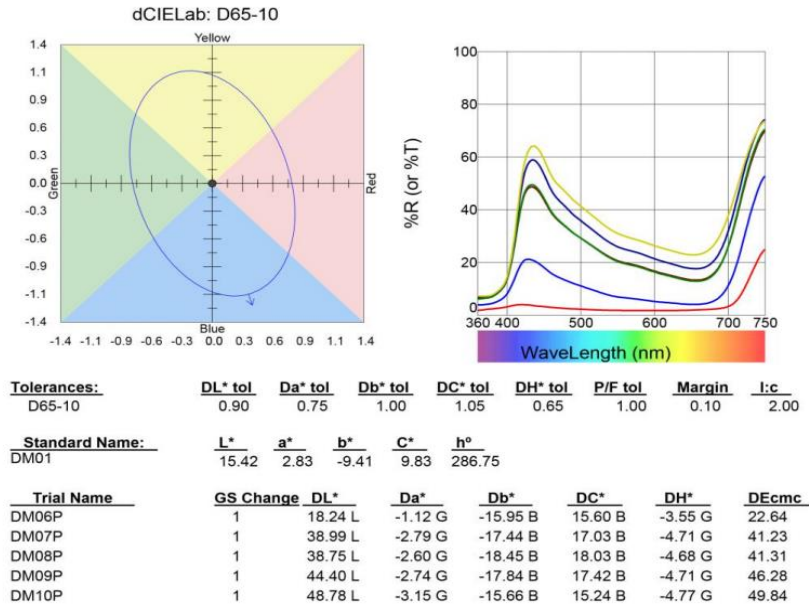
Nº	Subprocesos	Producto químico	Dosificación	R: B	Volumen (L)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	Desengomado	Detergente	2 g/L	1:20	0,75	60	10
		Humectante	1 g/L				
		Antiquiebre	1 g/L				
2	Stone	Detergente	2 g/L	1:20	0,75	50	30
		Ácido Acético	0,33 g/L				
		Enzima ácida	0,70%				
3	Bajado de tono	Permanganato de potasio	1%-2%-3%-4%-5%	1:20	2,2	TA	10 -- 15
4	Neutralizado	Metabisulfito se sodio	8 g/L	1:20	2,2	50	10
		Ácido oxálico	2 g/L				
		Detergente	2 g/L				
5	Blanqueo químico	Meta silicato de sodio	0,5 g/L	1:20	2,2	50	20
		Hidróxido de sodio	1 g/L				
		Peróxido de sodio	1,5 g/L				

Anexo 14. Receta Utilizada en el proceso

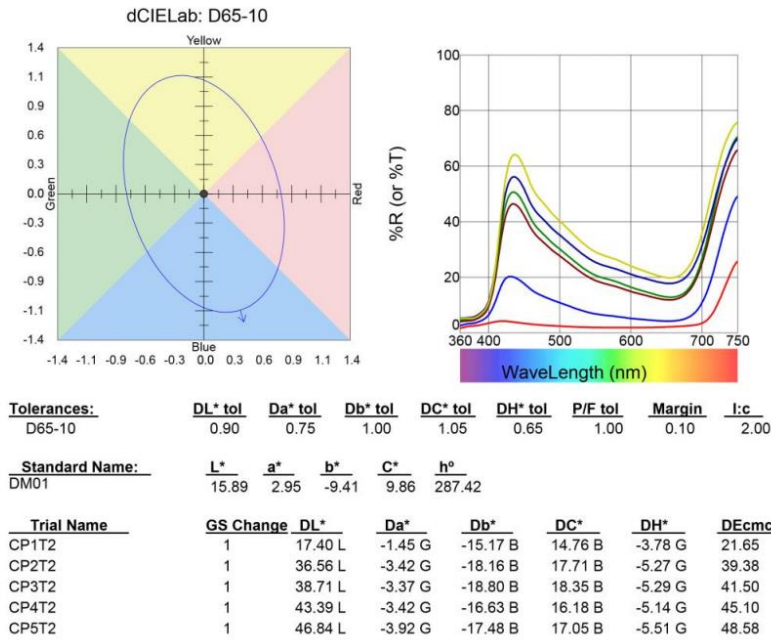
7.3 Anexo Resultados de las mediciones en el espectrofotómetro



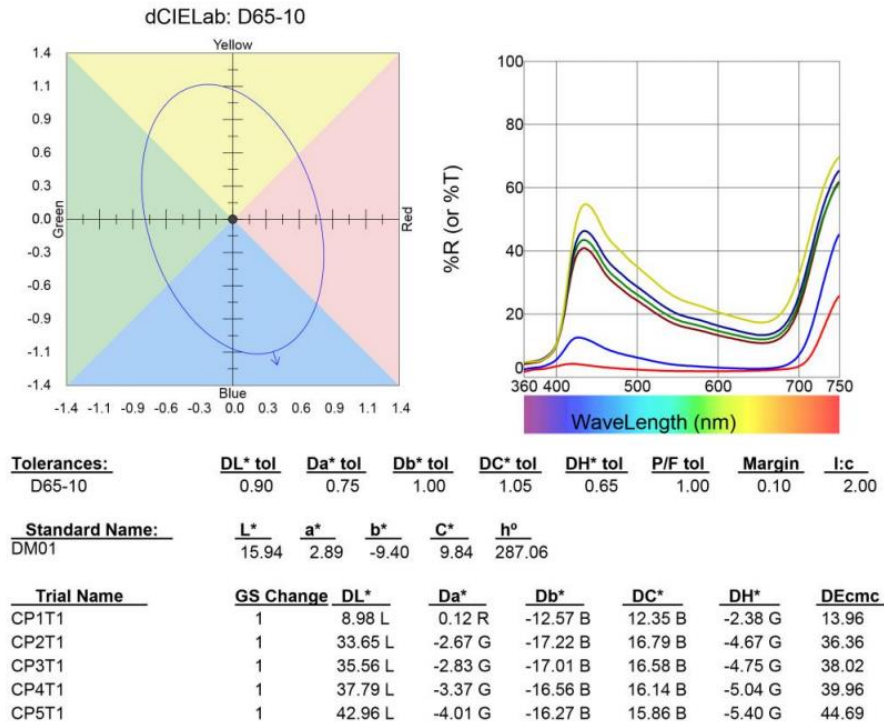
Anexo 15. Coordenadas del CIELAB del bajado de tono del grupo 1



Anexo 16. Coordenadas del CIELAB del bajado de tono del grupo 2.



Anexo 17. Coordenadas de CIEBAL post ensayo de lavado del grupo 1



Anexo 18. Coordenadas del CIEBAL post ensayo de lavado del grupo 2