

**ALTERNATIVAS AL USO DEL PERMANGANATO DE POTASIO COMO
REDUCTOR DE TONO EN EL EFECTO LOCALIZADO EN LA INDUSTRIA TEXTIL.**

CAROLINA ORTEGA LÓPEZ

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERA QUÍMICA**

Director

Luis Eduardo Forero

Ingeniero Químico

M.Sc. Ingeniería Ambiental

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA

FACULTAD DE INGENIERIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA QUÍMICA

BOGOTA D.C.

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre
Firma del director

Nombre
Firma Docente Jurado 1

Nombre
Firma Docente Jurado 2

Bogotá D.C., junio de 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSDADA GARCIA-PEÑA

Consejo Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCIA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de investigaciones

Dra. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General

Dr. JOSÉ LUIS MACÍAS RODRÍGUEZ

Decana General de la Facultad de Ingenierías

Ing. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Directora del Programa de Ingeniería Química

Ing. NUBIA LILIANA BECERRA

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mis padres y a mis hermanos, gracias por creer en mi todo el tiempo, porque a pesar de las dificultades que se presentaron en el camino, siempre fueron un motivo para seguir adelante, todo el esfuerzo realizado en estos años ha sido por ustedes, mi familia, el pilar más importante de mi vida y a quienes siempre estaré agradecida por todo.

Mateo Ortega, la ayuda que me has brindado a lo largo de este proceso ha sido de suma importancia para mí, todas las veces que comprendiste las dificultades de este proceso y me apoyaste sin juzgarme, me hicieron sentir segura y avanzar, por eso te dedico mi tesis.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de aprender todos los días cosas nuevas, de estar a un paso de obtener un logro que significa la culminación de una etapa llena de tristezas y alegrías, de sacrificio y dificultades, pero también de momentos llenos de vida, que hoy me permiten llegar al punto en el que me encuentro.

Agradezco a mis padres, quienes me han acompañado en todo este proceso y me han impulsado a seguir adelante en muchas ocasiones.

A las amistades que conocí a lo largo de estos años, quienes estuvieron ahí y me brindaron su apoyo y conocimiento cuando así lo requería, Saily Iguarán que es la persona más incomparable que conozco y que lejos de desanimarme siempre fue un impulso cuando más lo necesité.

A mi pareja Andres Luque, quien me ha acompañado en estos años de estudio, con quien he reído y llorado y quien ha estado para mí todo el tiempo, siempre te daré las gracias por ayudarme a continuar las veces que quise rendirme.

Agradezco a mis hermanos Yesmy, Liseth, Nadia, Neffy y Mateo, que desde un principio siempre fueron un apoyo incondicional, que jamás dudaron de mi capacidad para lograr lo que me propongo y quienes siempre fueron una voz de motivación para mí.

A mi director Luis Forero y a la Universidad de América, por compartir sus conocimientos y guiarme en un largo proceso educativo.

Finalmente agradezco a todos los que creyeron en este proyecto desde el principio y siempre estuvieron atentos a mis avances.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	14
1. INTRODUCCIÓN	15
2. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo General	18
2.2. Objetivos Específicos	18
3. MARCO TEORICO	19
3.1. Generalidades de sustancias	19
3.1.1. <i>Permanganato de potasio</i>	19
3.1.2. <i>Ácido Acético</i>	20
3.1.3. <i>Agentes reductores</i>	21
4. MARCO LEGAL	22
5. JUSTIFICACIÓN	23
6. ANTECEDENTES	25
7. GENERALIDADES DEL PROCESO	27
7.1. Aplicación Localizada	27
7.1.1. <i>Preparación de la solución</i>	27
7.1.2. <i>Procesos con permanganato de potasio</i>	27
7.1.3. <i>Reducción o neutralizado.</i>	32
7.2. Tratamiento del agua residual.	33
7.2.1. <i>Aireación y Filtración</i>	33

7.2.2.	<i>Oxidación y Filtración</i>	33
8.	EQUIPOS DE PROCESO Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	35
8.1.	Equipos del proceso	35
8.1.1.	<i>Aplicación de permanganato de potasio por aerografía.</i>	35
8.1.2.	<i>Proceso de reducción del permanganato de potasio.</i>	41
8.2.	Elementos de protección personal.	42
9.	CONTRATIPOS DE PERMANGANATO DE POTASIO EN EL MERCADO	45
9.1.	Generalidades de contratipos	47
9.1.1.	<i>Contratipo A.</i>	47
9.1.2.	<i>Contratipo B</i>	50
9.1.3.	<i>Contratipo C</i>	53
10.	PARAMETROS PARA APLICACIÓN DE CONTRATIPOS	64
10.1.	Contratipo A	64
10.1.1.	<i>Método de aplicación.</i>	64
10.1.2.	<i>Concentración optima de producto.</i>	64
10.1.3.	<i>Preparación de la solución.</i>	65
10.2.	Contratipo B	65
10.2.1.	<i>Método de aplicación.</i>	65
10.2.2.	<i>Concentración optima del producto.</i>	65
10.2.3.	<i>Preparación de la solución.</i>	66
10.3.	Contratipo C	66
10.3.1.	<i>Contratipo C1</i>	66
10.3.2.	<i>Contratipo C2</i>	67
11.	PROCESOS DE CONTRATIPOS.	69
12.	ENSAYOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS	73

12.1.	Contratipo A	73
12.2.	Contratipo B	80
	12.2.1. Costos del proceso	81
12.3.	Contratipo C1	83
	12.3.1. Costos del proceso.	85
12.4.	Contratipo C2	86
	12.4.1. Costos de proceso	88
12.5.	Costos formula de contratipos.	89
13.	PANEL SENSORIAL Y RUBRICA DE EVALUACIÓN	91
13.1.	Respuestas al panel sensorial para el contratipo B.	93
13.2.	Respuestas al panel sensorial para el contratipo C1	97
13.3.	Respuestas al panel sensorial para el contratipo C2	102
13.4.	Observaciones sobre los contratipos	106
13.5.	Rubrica de evaluación	107
14.	CONCLUSIONES	110
	BIBLIOGRAFIA	111
	GLOSARIO	116

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Estructura del permanganato de potasio	20
Figura 2 Estructura del ácido acético	21
Figura 3 Estructura del Ácido (2-hidroxido 1,2,3) propano tricarbóxico	21
Figura 4 Ejemplo aplicación de permanganato de potasio con tetero	28
Figura 5 Ejemplo de efecto de usados delanteros	29
Figura 6 Ejemplo de usados en parte trasera	30
Figura 7 Ejemplos de usados en detalles	30
Figura 8 Variación de color del manganeso según sus estados de oxidación.	31
Figura 9 Reducciones del permanganato en diferentes condiciones	32
Figura 10 Flujograma de aplicación de permanganato de potasio sobre prendas denim	36
Figura 11 Diagrama de Carrusel de aerografía para permanganato de potasio	37
Figura 12 Cabina de aplicación de permanganato de potasio	38
Figura 13 Cortina de agua de la zona de aplicación de permanganato de potasio	39
Figura 14 Pistola de aerografía	40
Figura 15 Compresor industrial para aplicación de permanganato de potasio y partes de seguridad	41
Figura 16 Lavadora Tonello G1 LW3/MW3	42
Figura 17 Uso de EPP's operaria de aerografía en la EMPRESA TEXTIL	44
Figura 18 Cuadro de selección de contratipos para el permanganato de potasio	45
Figura 19 Estructura química del MONOPEROXIFTALATO DE MAGNESIO HEXAHIDRATO E	48
Figura 20 Estructura química del Acido ftálico	48
Figura 21 Estructura química del permanganato de sodio	51
Figura 22 Maquina para marcación de láser en maniquí	54
Figura 23 Diseño para marcación láser de usados y bigotes	55
Figura 24 Prenda cruda con marcación de láser y efecto Light PP	56
Figura 25 Prenda con marcación láser en paso intermedio	56
Figura 26 Identificación de peligros y composición del Contratipo C1	58
Figura 27 Estructura química del ácido cítrico anhidro	58

Figura 28	Estructura química del ácido 1,1hidroxietilideno-1,1-difosfórico	59
Figura 29	Estructura química del ácido 2-fosfonobutano-1,2,4-tricarboxílico	62
Figura 30	Ruta de proceso genérica para aplicación del contratipo A	69
Figura 31	Ruta de proceso genérica para aplicación del Contratipo B	70
Figura 32	Ruta de proceso genérica para aplicación de Contratipo C1	71
Figura 33	Ruta de proceso genérica para aplicación del contratipo C2	72
Figura 34	Encuesta 1: reacciones presentadas al utilizar el contratipo A	74
Figura 35	Respuestas a la pregunta 1 de la encuesta 1	75
Figura 36	Respuestas a la pregunta 2 de la encuesta 1	75
Figura 37	Respuestas a la pregunta 3 de la encuesta 1	76
Figura 38	Respuestas a la Pregunta 4 de la encuesta 1	76
Figura 39	Encuesta 2: características del contratipo A	77
Figura 40	Respuestas a la pregunta 1 de la encuesta 2	78
Figura 41	Respuestas a la pregunta 2 de la encuesta 2	78
Figura 42	Respuestas a la pregunta 3 de la encuesta 2	79
Figura 43	Respuestas a la pregunta 4 de la encuesta 2	79
Figura 44	Resultado de contratipo B sobre tejido 100% algodón	80
Figura 45	Resultado de contratipo B sobre tejido 97% algodón - 3% elastómero	81
Figura 46	Resultado de contratipo C1 sobre tejido 100% algodón	84
Figura 47	Resultado de contratipo C1 sobre tejido 97% algodón - 3% Elastómero	84
Figura 48	Resultado de contratipo C2 sobre tejido 70% algodón - 27% poliéster - 3% elastómero	87
Figura 49	Perdida de resistencia para tejido 98% algodón - 2% elastómero al utilizar el contratipo C2	88
Figura 50	Encuesta panel sensorial para cliente interno	92
Figura 51	Encuesta de panel sensorial para jefatura de producción	93
Figura 52	Grafica de respuestas al punto 1 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B	93
Figura 53	Grafica de respuestas al punto 2 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B	94
Figura 54	Grafica de respuestas al punto 3 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B	94
Figura 55	Grafica de respuestas al punto 4 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B	95
Figura 56	Grafica de respuestas al punto 5 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B	95

Figura 57	Grafica de respuestas al punto 6 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B	96
Figura 58	Grafica de respuestas al punto 1 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C1	97
Figura 59	Grafica de respuestas al punto 2 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C1	98
Figura 60	Grafica de respuestas al punto 3 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C1	98
Figura 61	Grafica de respuestas al punto 4 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C1	99
Figura 62	Grafica de respuestas al punto 5 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C1	100
Figura 63	Grafica de respuestas al punto 6 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C1	100
Figura 64	Grafica de respuestas al punto 1 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C2	102
Figura 65	Grafica de respuestas al punto 2 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C2	102
Figura 66	Grafica de respuestas al punto 3 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C2	103
Figura 67	Grafica de respuestas al punto 4 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C2	103
Figura 68	Grafica de respuestas al punto 5 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C2	104
Figura 69	Grafica de respuestas al punto 6 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C2	105
Figura 70	Observaciones adicionales del cliente interno sobre los contratipos evaluados	106
Figura 71	Observaciones técnicas adicionales sobre los contratipos evaluados	107

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Potenciales de oxidación de diferentes agentes oxidantes	34
Tabla 2 Composición del contratipo A	47
Tabla 3 Composición del contratipo B	51
Tabla 4 Composición del auxiliar dispersante para el Contratipo C1	58
Tabla 5 Concentraciones de uso para el contratipo C1 según el método de aplicación	60
Tabla 6 Composición del contratipo C2	62
Tabla 7 Comparativo de costos entre permanganato de potasio y Contratipo B para tela 100% algodón	82
Tabla 8 Comparativo de costos entre permanganato de potasio y Contratipo B para tela 97% algodón - 3% elastómero	82
Tabla 9 Comparativo de costos entre permanganato de potasio y Contratipo C1 para tela 100% algodón	85
Tabla 10 Comparativo de costos entre permanganato de potasio y Contratipo C1 para tela 97% algodón – 3% elastómero	86
Tabla 11 Comparativo de costos entre permanganato de potasio y Contratipo C1 para tela 70% algodón - 27% poliéster – 3% elastómero	89
Tabla 12 Costo formula de contratipos para el permanganato de potasio	90
Tabla 13 Valoraciones técnicas para el contratipo B	97
Tabla 14 Valoraciones técnicas para el contratipo C1	101
Tabla 15 Valoraciones técnicas para el contratipo C2	105
Tabla 16 Porcentajes de la rúbrica de evaluación	108
Tabla 17 Calificación de los contratipos según la rúbrica de evaluación	108

RESUMEN

En este documento se plantea la posibilidad de reemplazar el permanganato de potasio en la industria textil como reductor de tono localizado para la creación de efectos de desgaste naturales en las prendas cuya base textil es el denim.

Este proyecto busca reemplazar el permanganato de potasio de la industria textil en el área de lavanderías, debido a su alto grado contaminante y a los riesgos de salud que representa este producto al encontrarse en contacto con este por un tiempo prolongado.

El permanganato de potasio es una sustancia ampliamente utilizada en la industria, tiene diversas aplicaciones como desinfectante, agente oxidante en el tratamiento de aguas, en la industria metalúrgica, farmacéutica, entre otras. Sin embargo, se ha encontrado información de los diferentes problemas a la salud que genera esta sustancia a largo plazo cuando se está expuesto un tiempo considerable, los riesgos de salud se encuentran asociados con el “Manganismo”.

Con base en lo anterior, diferentes empresas han desarrollado contratipos para esta sustancia y en esta investigación se estudian varias opciones ofrecidas por el mercado, considerando los aspectos económicos, ambientales, riesgos a la salud, mejoras del proceso y accesibilidad al producto.

Se realiza la elección de 4 contratipos con base en los aspectos a considerar, se solicitan las muestras de cada uno y los asesoramientos necesarios de los proveedores para el correcto uso de estos. Posteriormente se realiza una evaluación de los resultados en las prendas, teniendo en cuenta la posible afectación a la fibra de las bases textiles y la apariencia final. Esto con el fin de no afectar el look y la calidad que caracterizan a la compañía donde se desarrolla el proyecto.

Una vez finalizados los ensayos y evaluación, se genera una opinión técnica con base en una rubrica, donde se indica cuál de los contratipos es el que presenta mejor comportamiento y mejoras para el proceso, también se lleva a cabo una reunión con las diferentes áreas encargadas de analizar la apariencia, calidad y aspectos técnicos del proceso y de cada contratipo.

La decisión del reemplazo del permanganato de potasio es tomada por los directivos de la compañía, quienes consideran los aspectos que más impacto tienen para esta. Desde el proyecto se busca concientizar de las problemáticas que el permanganato de potasio genera e indicar cual es la opción técnicamente más viable para reemplazarlo.

Palabras clave: permanganato de potasio, contratipo, salud, medioambiente, apariencia, proceso, denim, textil.

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo que se presenta a continuación se encuentra enfocado en la búsqueda de diferentes alternativas para eliminar el uso del permanganato de potasio en la industria textil como reductor de tono. El proyecto se lleva a cabo en una empresa colombiana que realiza confección y acabado de diferentes bases textiles y se encuentra enfocado en la modificación de jeans debido a que es el área con más uso del producto objetivo de esta investigación. Por motivos de confidencialidad de la compañía, no se dará el nombre de esta, a lo largo del documento se encontrará referenciada como la EMPRESA TEXTIL.

La EMPRESA TEXTIL, es una multinacional perteneciente al sector retail, que comercializa diferentes tipos de prendas en tejido de punto y denim, tiene su sede principal en Bogotá – Colombia, donde cuenta con plantas de confección, lavandería y tintorería y con más de 150 puntos de venta, donde su enfoque principal es ofrecer al cliente la mejor relación look-calidad-precio.

En la planta, denominada “Jean”, se realizan diferentes procesos en donde se busca llevar a cabo la transformación de variados tipos de bases textiles (telas), con el fin de obtener un acabado deseado por un consumidor. Estas modificaciones varían dependiendo de la tendencia de la moda en el momento, determinando la demanda por parte del cliente.

Dentro de las bases textiles más comunes se encuentra el tejido Denim, utilizado para la fabricación de prendas de Jean como pantalones, chaquetas, bermudas y shorts principalmente, este material se fabrica con algodón, elastómero y poliéster en diferentes proporciones y se tiñe con colorante índigo y/o sulfuroso, obteniendo bases en color azul o negro.

El proceso de transformación de las prendas que se confeccionan en la base textil Denim consta de diferentes etapas, cada una con el fin de obtener un efecto específico y que, al usarlas en conjunto, se llegue al look final deseado. Entre los procesos se encuentran generalidades, como pueden ser: stoneado, disminución de tono, efectos focalizados y suavizado.

Para llevar a cabo varios de los procesos, es necesario el uso de diferentes productos químicos y técnicas de lavandería y manualidades, que facilitan la obtención de los efectos requeridos. La mayoría de los productos encargados de realizar la decoloración sobre las prendas son agentes oxidantes y reductores, los más comunes son: permanganato de potasio, hipoclorito de sodio, peróxido de hidrogeno, carbonato de sodio, entre otros. [1]

Los agentes oxidantes se definen como una especie química que en un proceso redox acepta electrones y se reduce. Las sales sólidas de ácido permangánico son altamente oxidativas y con

ciertas sustancias puede ser un comburente. Uno de los agentes más utilizados es el permanganato de potasio que forma cristales estables y su capacidad oxidante varía si se usa en soluciones ácidas, neutras o alcalinas. [2]

El permanganato de potasio (KMnO_4) es un compuesto químico formado por iones de potasio (K^+) y permanganato (MnO_4^-), su color característico es violeta y su alto poder oxidante se debe a que el manganeso se encuentra en su mayor estado de oxidación (7+). Es utilizado en diferentes industrias, como la farmacéutica, textil, metalúrgica, entre otras. [3]

El manganeso es un oligoelemento, es decir, es esencial para el crecimiento, desarrollo y función de los seres humanos, sin embargo, al ser ingerido en exceso puede ser un neurotóxico peligroso. [4]

El ser humano se encuentra constantemente expuesto a bajos niveles de manganeso, debido a que se este se presenta en el aire, agua y suelos; también está presente en animales y plantas que son consumidos normalmente, por lo que la mayor ingesta de manganeso es por medio de la alimentación donde puede variar entre 1 y 10 mg/día. [5]

Al ser una sustancia esencial para el ser humano, la ausencia de las cantidades de manganeso adecuadas puede generar problemas de salud como alteraciones en el metabolismo, lentitud en la coagulación de la sangre, problemas en la piel, cambios en el color del cabello, entre otros. [5]

La posibilidad que ingresen mayores cantidades de manganeso en el cuerpo humano aumenta si las personas trabajan o viven en lugares donde este producto se utilice para la manufactura o producción de otra sustancia, por ejemplo, en fábricas de acero, en lugares donde se mejore la gasolina con este compuesto, en plantas de quema de carbón o petróleo. [5] En la industria textil se encuentra presente en el permanganato de potasio, el cual tiene diferentes formas de aplicación, puede realizarse en baño, por aspersión o por aerografía, siendo esta última la manera más común.

Cuando se excede el consumo promedio del manganeso, aumentando sus niveles en el organismo, también se presentan problemas de salud, dependiendo del nivel de exposición a la sustancia y los síntomas no se presentan de forma inmediata sino después de meses o años [5].

El manganeso posee una vida media relativamente corta en la sangre, sin embargo, cuando se encuentra en circulación se acumula principalmente en el hígado, cerebro y huesos [4]. Según el nivel de exposición, los síntomas presentados son alteraciones mentales y emocionales, y sus movimientos pueden hacerse lentos y con poca coordinación, esta combinación de síntomas se

conoce como la enfermedad del “Manganismo” y se presenta con mayor gravedad en los mineros de manganeso [5].

En la EMPRESA TEXTIL se realiza un proceso manual en el cual se obtiene un desgaste localizado sobre la prenda, en diferentes áreas, según lo requiera el cliente interno. Para este proceso se utiliza una pistola de aerografía, con la cual se aplica el permanganato de potasio. Al momento de la aplicación se observa la apariencia de una nube antes de impregnarse en el pantalón, parte del producto se difunde en el ambiente y otra parte pasa a una cortina de agua que se encuentra detrás de la prenda.

Los operarios encargados de realizar esta operación manual tienen en su dotación mascarás especiales para evitar la inhalación de este producto, sin embargo, las personas que trabajan alrededor del espacio en otras tareas no cuentan con esta protección y se encuentran expuestos a niveles del permanganato más altos.

Adicional a los problemas de salud generados por este producto, en Colombia el permanganato de potasio está en la lista de las 32 sustancias controladas estipuladas en la Resolución 0001 del año 2015 [6], debido que hace parte del proceso de producción de narcóticos. En dicha resolución se establece que las empresas que utilicen este producto deben solicitar un cupo (permiso), el cual no puede exceder niveles de almacenamiento, compra, consumo, distribución, importación y producción.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar alternativas al permanganato de potasio empleado en la EMPRESA TEXTIL en el proceso de usados localizados, aplicado por aerografía o spray.

2.2. Objetivos Especificos

- Obtener del mercado diferentes contratipos para el permanganato de potasio.
- Establecer los parámetros apropiados para el funcionamiento adecuado de cada contratipo elegido.
- Evaluar los ensayos correspondientes para los contratipos de interés.
- Verificar la calidad de la prenda final, considerando apariencia, resistencia y condiciones de la fibra en los lugares donde se aplica el contratipo.

3. MARCO TEORICO

Los tejidos Denim que se utilizan para la fabricación de Jeans, cuentan con una construcción que se compone de hilos teñidos (urdimbre) e hilos sin teñir (trama). Los hilos de urdimbre son teñidos con índigo en una técnica de tintura conocida como anular, que permite teñir desde la parte exterior hacia la parte interior, dejando la parte más interna del hilo completamente blanca o libre de índigo [7]. Este tipo de tintura es lo que permite que en el proceso de lavandería se obtengan los efectos de desgaste sobre la prenda, ya que estos son visibles en cuanto se pueden observar contrastes azules/blanco en las costuras, bigotes y usados.

El efecto de los usados se obtiene por medio de una herramienta llamada aerógrafo, es un proceso conocido como sandblast/dirtyblast [8], el cual es la aplicación de una sustancia con una pistola de aire comprimido, para lograr ensuciar, recubrir o pigmentar de manera localizada o total una prenda, según el efecto que se desee obtener.

Para reducir el tono del índigo sobre las prendas, se usa una reacción de oxidación química, para la cual se utilizan agentes oxidantes [9] como el ozono, el hipoclorito de sodio, el peróxido de hidrogeno, el permanganato de potasio, entre otros, para cambiar la composición química de un compuesto o grupo de compuestos.

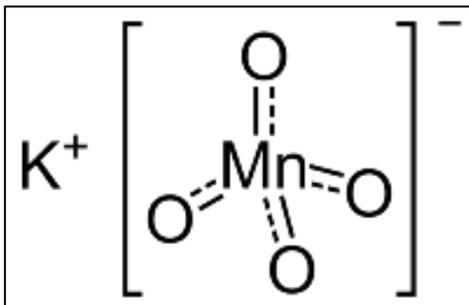
3.1. Generalidades de sustancias

3.1.1. *Permanganato de potasio*

El permanganato de potasio es un agente oxidante fuerte utilizado en varias industrias, como la farmacéutica, textil, metalúrgica, entre otras. Está formado por iones de potasio (K^+) y permanganato (MnO_4^-) como se puede observar en la figura 1, el manganeso se encuentra en su mayor estado de oxidación (+7) lo que da a esta sustancia su alto poder oxidante.

Figura 1

Estructura del permanganato de potasio



Nota: Estructura química del permanganato de potasio tomado de: [10] «chimica-online,» [En línea]. Available: <https://www.chimica-online.it/composti/permanganato-di-potassio.htm>. [Último acceso: 12 04 2023].

El permanganato de potasio es un polvo cristalino de color violeta oscuro, al diluirlo en agua, el color de la solución varía entre el rosa claro y violeta intenso dependiendo de la concentración, no tiene olor característico en su estado natural.

Debido a sus características oxidantes, es una sustancia catalogada como peligrosa, es un sólido comburente, cuenta con toxicidad aguda oral, genera corrosión cutánea, lesiones oculares, toxicidad para la reproducción, toxicidad para órganos específicos, entre ellos el cerebro, representa peligro a corto y largo plazo para el medio ambiente acuático.

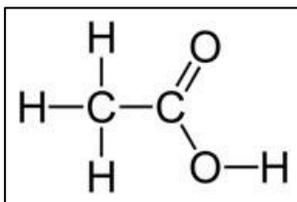
En el Anexo 1 se encuentran las especificaciones relacionadas a esta sustancia y los cuidados médicos necesarios en caso de contacto con la misma.

3.1.2. Ácido Acético

El ácido acético es un ácido carboxílico sintético con propiedades anti-bacteriales, es utilizado en diferentes industrias como la producción de botellas de plástico, películas fotográficas, fibras y tejidos sintéticos, entre otros. En el proceso es utilizado para garantizar que el pH de la solución se encuentre entre 4.0 y 4.5, debido a que en este valor se obtiene mayor degradación del color índigo.

En la figura 2 se puede observar la estructura

Figura 2
Estructura del ácido acético



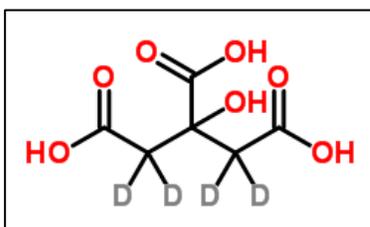
Nota: Estructura química del ácido acético tomado de [11] «A química diária,» 01 02 2013. [En línea]. Available: <https://quimikdiaria.blogspot.com/2013/02/acido-acetico.html>. [Último acceso: 12 04 2023].

El ácido acético es una sustancia catalogada como líquidos y vapores inflamables, puede provocar quemaduras graves en la piel y en los ojos.

3.1.3. Agentes reductores

El permanganato de potasio se oxida a dióxido de manganeso durante los procesos, este subproducto debe ser eliminado, para esto se utilizan agentes reductores, los más usados a nivel mundial son el bisulfito y metabisulfito de sodio, sin embargo, estas sustancias son altamente contaminantes, motivo por el cual en la EMPRESA TEXTIL, se utiliza un producto de origen orgánico que reduce o neutraliza el permanganato de potasio presente en la prenda, este reductor tiene según su ficha técnica el Ácido (2-hidroxido 1,2,3) propano tricarbónico como componente principal, la estructura de esta sustancia se puede observar en la figura 3.

Figura 3
Estructura del Ácido (2-hidroxido 1,2,3) propano tricarbónico



Nota: Estructura química del Ácido (2-hidroxido 1,2,3) propano tricarbónico tomado de [12] «wakschem,» [En línea]. Available: <https://www.wakschem.com/?product/cas-147664-83-3>. [Último acceso: 12 04 2023].

4. MARCO LEGAL

- En Colombia el permanganato de potasio está catalogado como una sustancia controlada por la RESOLUCIÓN 0001 de 2015, donde se establece control para la producción, distribución, comercialización y almacenamiento de la sustancia [6].
- En Colombia existe el CONSEJO NACIONAL DE ESTUPEFACIENTES, que el artículo 29 del Decreto 1146 de 1990 faculta para que, mediante resolución, y cuando lo estime necesario, prohíba o restrinja el almacenamiento, conservación o transporte de las sustancias que trata el artículo 1 de dicho Decreto, en ciertos sectores del territorio nacional. Esto con el fin de evitar el libre tránsito de sustancias ilícitas o que preceden las mismas [13].
- En el artículo 20 del capítulo 4 de la Ley 30 de 1986, establece el control de la importación, fabricación y distribución de sustancias que producen dependencia, el permanganato de potasio está clasificado como una sustancia utilizada para la producción de estupefacientes, por lo que las empresas que utilizan este producto deben elaborar para la aprobación del Consejo Nacional de Estupefacientes [14]
- La OSHA, es la administración de seguridad y salud ocupacional, establece que el límite es de 5 mg/m³ de manganeso en el aire como un promedio durante una jornada laboral de 8 horas [15].
- La EPA ha establecido como concentración máxima de consumo diario de por vida en el agua un nivel máximo de 0.3 mg/L para evitar efectos adversos [16].
- La FDA ha establecido que la concentración de manganeso en agua potable en botella no debe exceder 0.05 mg/L [17].

5. JUSTIFICACIÓN

La EMPRESA TEXTIL cuenta con varias tiendas en Colombia, las cuales son reconocidas en el país por ofrecer una buena relación calidad-precio y un estilo de ropa definido, lo que implica que se deba mantener un mismo look base para la producción realizada. Dentro de este look requerido por el cliente interno de la planta Jean, se enmarcan los efectos usados, los cuales son definidos por bigotes, que simulan el desgaste natural generado en la parte frontal superior de los pantalones al sentarse, y los usados sobre muslos y rodillas. Para los últimos es utilizado permanganato de potasio en aplicación por aerografía o spray, como efecto localizado.

Este proyecto nace de la necesidad de ofrecer a la EMPRESA TEXTIL diferentes alternativas, las cuales le permitan tener opciones para reemplazar el permanganato de potasio utilizado actualmente en el 80% de su producción de pantalones, por productos más sostenibles, de menor impacto para el medio ambiente y para la salud de los operarios que manejan esta sustancia en sus actividades diarias.

La tendencia de pantalones con efectos de desgastes naturales ha tenido un gran impacto en la industria de la moda, motivo por el cual no ha dejado de ser de suma importancia los últimos años, debido a que la forma de realizar estos efectos en varias empresas a nivel mundial es con permanganato de potasio, el reemplazo de esta sustancia se ha vuelto una necesidad.

La EMPRESA TEXTIL tiene una capacidad de producción de 22.000 unidades por día, donde el 80% cuentan con el proceso de aerografía con permanganato de potasio, con estos valores son alrededor de 440.000 unidades al mes, el consumo promedio de permanganato de potasio por prenda es de 1.6 g, el consumo mensual de esta sustancia es de aproximadamente 700 kg.

A causa de los diferentes problemas de salud y medioambientales causados por el permanganato de potasio, algunas empresas han buscado durante varios años reemplazar este producto en las diferentes industrias de aplicación. Para la industria textil, existen compañías internacionales que han desarrollado tecnologías innovadoras para lograr este objetivo, algunas de ellas creando productos orgánicos, que cumplen la misma función del permanganato de potasio y son biodegradables, con lo que se disminuye la contaminación ambiental y adicionalmente, son sustancias no utilizadas en producciones ilícitas, por este motivo no son controladas en Colombia.

Con este proyecto se busca abordar el objetivo 12 de los ODS, el cual se refiere a la producción y consumo responsables y consiste en “hacer más y mejor con menos”, en este objetivo se busca la desvinculación del crecimiento económico con la degradación del medio ambiente. El

proyecto aborda este objetivo al buscar alternativas a un producto ampliamente contaminante para el agua, aire y para la salud de las personas, el posible reemplazo de un producto inorgánico por uno orgánico más amigable con el medio ambiente y generando una industria más sostenible.

Este proyecto debe ser desarrollado por un ingeniero químico, el cual tiene la capacidad de identificar, exponer y gestionar las oportunidades de mejora que existen dentro de una industria, y con esto, está en la facultad de analizar y tomar decisiones responsables respecto al tema. De esta forma realizando una revisión consciente de las hojas de seguridad y posibles contraindicaciones de cada uno de los contratipos del permanganato de potasio, es posible ofrecer alternativas para reemplazar esta sustancia en la industria textil.

6. ANTECEDENTES

- La empresa CHT Colombia en “El acabado inteligente de los Jeans a base de sustancias orgánicas” [18], presenta su línea ORGAN IQ la cual se compone de varios productos enfocados en eliminar de la línea de producción de jeans las sustancias más contaminantes. Indican que, para abandonar el uso de permanganato de potasio, lo cual se ha buscado hace años por la industria textil y las autoridades medioambientales, CHT ha desarrollado una gama de innovaciones inteligentes libres de metales pesados y de cloro. Como posible reemplazo del $KMnO_4$ nos presentan el ORGAN IQ BLEACH T, un producto que genera los mismos efectos de blanqueo sobre la prenda obtenidos con permanganato de potasio y que usado correctamente no genera efluentes contaminantes y representa bajo riesgo para la salud.
- En la publicación “El láser de Jeanología acaba con la fase más tóxica de la producción de Jeans” [19] realizada por el periódico EL MUNDO, se expone como la empresa Jeanología, de origen español, se enfoca en obtener efectos sobre diferentes tejidos, principalmente tejidos DENIM por medio de herramientas láser, entre estos efectos han eliminado el uso de Permanganato de potasio en aplicación por Spray, desarrollando el marcaje de efecto Light PP, con el cual se logra un efecto de desgaste localizado en la prenda sin comprometer el look final de la misma, sin afectar la salud del trabajador y disminuyendo los problemas para el medio ambiente.
- La compañía Turca Smart Chemicals ARM, ha desarrollado diferentes productos sostenibles y amigables con el medio ambiente, en su catálogo se encuentran productos de limpieza, anti-redepositantes, antiestáticos, enzimas, blanqueadores, entre otros. El Arred PMN [20], es un producto desarrollado con el fin de eliminar el uso de permanganato de potasio en el proceso de blanqueo de las prendas, bien sea localizado por spray o en baño. En su portafolio también encontramos el Arred LZR, un acelerador de láser, el cual permite disminuir los tiempos de marcaje sobre una prenda, dando un efecto más brillante y de mayor naturalidad en los usos realizados con Light PP láser.
- La compañía RECOLQUIM S.A. se dedica a la comercialización de productos químicos y colorantes para los sectores textil, agro, alimentos, cosméticos, tratamiento de agua, entre otros. Con más de 30 años como productores e importadores directos de una amplia gama de productos [21] Dentro de su portafolio encontramos el BLACK MAGIC RC, una alternativa al permanganato de potasio, cuya composición es 40% de permanganato de sodio, debido a su composición es un

agente oxidante, con las propiedades requeridas para realizar el proceso de reducción de tono localizado que se requiere, información disponible en el anexo 1. Este producto no se encuentra clasificado como una sustancia controlada, por dicho motivo es posible comprar y almacenar mayores cantidades de este producto que de permanganato de potasio, sin embargo, continúa representando problemas de salud e inconvenientes ambientales.

- La empresa Italiana NEARCHIMICA, se dedica a la producción de auxiliares para la industria textil, entre sus principales objetivos se encuentra el de producir químicos sostenibles y con bajo impacto ambiental y a la salud [22], en el portafolio de esta compañía se encuentra un producto enfocado en optimizar el funcionamiento y el tiempo de marcaje láser y mejorar la apariencia de los efectos que se pueden obtener con quemado físico por las herramientas láser, el producto en cuestión se llama NEARBOOSTER RVG [23], se encuentra catalogado como un activador para grabado láser en prendas, en combinación con el efecto Light PP ofrecido por Jeanología, existe una potencial alternativa al permanganato de potasio en tiempos, costos y eficiencias del proceso.

7. GENERALIDADES DEL PROCESO

7.1. Aplicación Localizada

El proceso de aplicación de permanganato de potasio localizado tiene como objetivo dar a la prenda una apariencia de desgaste por uso natural, para obtener este efecto se realizan 3 etapas principales, estas son: la preparación de la solución de permanganato de potasio, el proceso de aplicación de esta y el proceso de reducción posterior a la oxidación, estas etapas se encuentran descritas a continuación.

7.1.1. Preparación de la solución

Debido a las características oxidantes del permanganato de potasio, el proveedor recomienda preparar una solución con ácido acético y agua, en la EMPRESA TEXTIL se definió después de realizar las pruebas necesarias, que la concentración adecuada para la solución requerida es:

PERMANGANATO DE POTASIO a 46 g/L

ACIDO ACETICO a 4,6 g/L

AGUA

7.1.2. Procesos con permanganato de potasio

Para la aplicación de la sustancia existen diferentes métodos que permiten obtener efectos específicos, todos enfocados en la reducción de tono de las telas, entre las formas de aplicación de la sustancia se encuentran:

7.1.2.a Aplicación con tetero. Este método es utilizado para obtener diseños específicos, principalmente figuras como la presentada en la figura 4, con un envase plástico con tapa de rosca llamado “tetero”, este se llena con la solución requerida y es aplicado de forma manual por operarios según lo solicitado en el prototipo.

Debido a que en este proceso los diseños son muy específicos, generalmente se requiere que el permanganato de potasio se prepare a altas concentraciones en la solución, lo que genera dificultades en el proceso de lavado posterior del mismo, dejando manchas de color amarillo, reduciendo el tono en otras partes de la prenda e incrementando el tiempo del proceso y el consumo de agentes reductores y otras sustancias que permiten mejorar la limpieza del tejido. Por las diferentes dificultades presentadas, este proceso se ha disminuido significativamente en los últimos años.

Figura 4

Ejemplo aplicación de permanganato de potasio con tetero



Nota: Ejemplo de efectos obtenidos en aplicación de permanganato de potasio con tetero tomado de: [24] «DAFITI,» [En línea]. Available: <https://www.dafiti.com.co/KOAJ-PANTALON-KOAJ-OMAR-MOM-FIT-STA-122-1950566.html>. [Último acceso: 27 04 2023].

7.1.2.b Aplicación en agotamiento. El permanganato de potasio, debido a sus características oxidantes, se utilizaba frecuentemente para disminuir el tono de las prendas en procesos de lavandería comunes, sin embargo, debido a las altas cargas contaminantes por este proceso y a las cantidades requeridas de esta sustancia, fue reemplazado por hipoclorito de sodio, el cual también genera reducción de tono en las diferentes bases textiles.

7.1.2.c Aplicación por aerografía. Este es el método más usado en la actualidad para el uso de permanganato de potasio. Por medio de una pistola de spray, permite aplicar la solución de permanganato de potasio de forma localizada sobre las prendas, obteniendo así un efecto de usado y desgaste natural sobre lugares específicos de estas. Se aplica principalmente sobre las zonas de los muslos (figura 5), colas (figura 6) y detalles de bolsillos y pretinas (figura 7) del pantalones, shorts y bermudas.

Figura 5

Ejemplo de efecto de usados delanteros



Nota: Ejemplo de usados delanteros con permanganato de potasio en un pantalón de tejido DENIM tomado de: [25] «Koaj Skinny Fit,» [En línea]. Available: <https://www.koaj.co/jeans-skinny/38370-jean-skinny-fit.html>. [Último acceso: 27 04 2023].

Figura 6

Ejemplo de usados en parte trasera



Nota: Ejemplo de usados traseros con permanganato de potasio en un pantalón de tejido DENIM tomado de: [25] «Koj Skinny Fit,» [En línea]. Available: <https://www.koj.co/jeans-skinny/38370-jean-skinny-fit.html>. [Último acceso: 27 04 2023].

Figura 7

Ejemplos de usados en detalles



Nota: Ejemplo de detalles con permanganato de potasio en un pantalón de tejido DENIM tomado de: [26] «Koj Slim,» [En línea]. Available: <https://www.koj.co/jeans-slim/26951-jean-slim.html>. [Último acceso: 27 04 2023].

Una vez es aplicada la solución de permanganato de potasio sobre las prendas, estas son expuestas al ambiente a espera del próximo proceso, en este lapso, el color del permanganato de potasio pasa de violeta a marrón-amarillo, lo que nos indica un cambio en el estado de oxidación del manganeso.

El manganeso inicia en un estado de oxidación +7, el máximo posible para este elemento, en el cual su color característico es el violeta y corresponde al permanganato (MnO_4^-).

Según las etapas de reducción del manganeso, el siguiente paso nos lleva a tener iones de manganato (MnO_4^{2-}), estos son de color verde y nos indican estado de oxidación +6, esta etapa no se logra observar sobre las prendas.

Posteriormente los iones de manganato se reducen a dióxido de manganeso (MnO_2) con estado de oxidación +4, en el que se genera un color amarillo-marrón [27].



En la figura 8 se observan los colores que presenta el manganeso en los diferentes estados de oxidación.

Figura 8

Variación de color del manganeso según sus estados de oxidación.

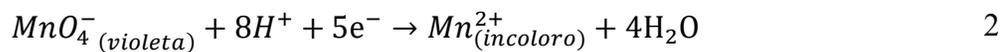


Nota: Colores del manganeso en sus diferentes estados de oxidación tomado de: [28] I. M. Romero, «Science in School,» *The european journal for science teachers*, 2014. [En línea]. Available: <https://www.scienceinschool.org/es/article/2018/colourful-chemistry-redox-reactions-lollipops-es/>. [Último acceso: 29 04 2023].

7.1.3. Reducción o neutralizado.

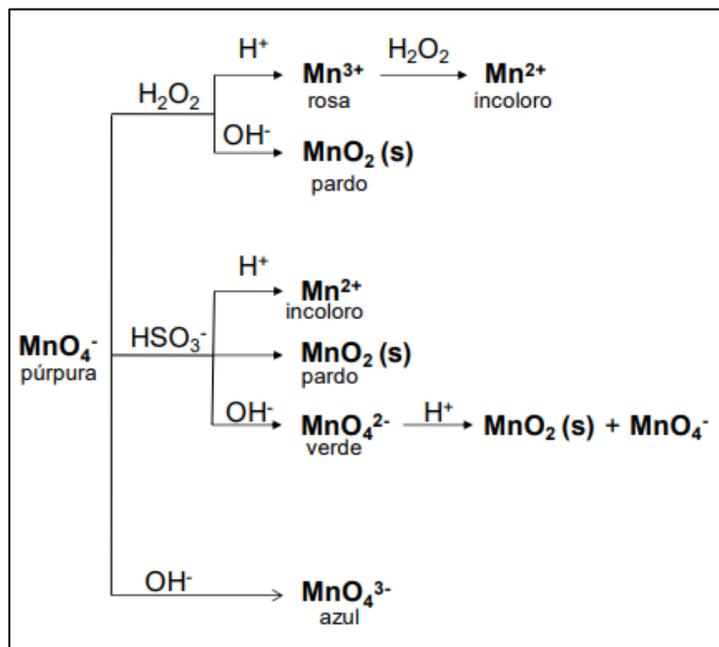
En esta etapa se realiza el cargue de una cantidad de prendas en la lavadora industrial, para posteriormente agregar agua y un agente reductor que permita eliminar el dióxido de manganeso presente en las prendas, generalmente se utiliza bisulfito o metabisulfito de sodio, debido al alto grado de contaminación de estas sustancias, se encuentran en el mercado diferentes opciones que cumplen la misma función, sin embargo, para este ejemplo se asume el uso de bisulfito de sodio.

La solución del permanganato de potasio aplicado sobre las prendas contiene ácido acético, su pH se encuentra alrededor de 5 – 6, la reducción de la sustancia se realiza en medio ácido, teniendo la siguiente reacción.



Estos estados de reducción del permanganato dependen del medio en el cual se realice el proceso, como se puede observar en el siguiente diagrama:

Figura 9
Reducciones del permanganato en diferentes condiciones



Nota: Diferentes reducciones del manganeso en presencia de bisulfito tomado de: [29] «EQUILIBRIOS DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN,» PRACTICA 18, [En línea]. Available: <http://www.qfa.uam.es/labqui/practicass/practica18.pdf>. [Último acceso: 29 04 2023].

En la figura 9, se puede observar la reducción al mínimo estado de oxidación del manganeso pasando de permanganato (+7) a ion manganoso (+2), al utilizar un agente reductor como el bisulfito de sodio. En este estado de oxidación, el manganeso es incoloro.

El catión manganoso es la forma soluble del manganeso más importante en la naturaleza [30], al obtener este catión posterior al proceso de reducción, el agua que se descarga de las lavadoras es prácticamente incolora, sin embargo, dadas las características del proceso, se pueden conservar altas cantidades de manganeso en el agua residual, lo que genera la necesidad de realizar un tratamiento para reducir este valor de manera previa a regresar el agua al alcantarillado público.

7.2. Tratamiento del agua residual.

El manganeso debe ser removido del agua residual principalmente debido a que genera corrosión y obstrucción de tuberías y mal aspecto del agua, en caso de que el agua deba ser recirculada a la planta, puede generar inconvenientes en el lavado de la ropa y daños en las lavadoras.

Existen diferentes métodos de remoción del Mn (+2), comúnmente los distintos métodos se basan en realizar oxidación química y posteriormente separación física. Con este método se obtiene óxido de manganeso +4 el cual sedimenta en una columna de agua, para este proceso se realiza manipulación de pH y adición de agentes oxidantes. [30]

7.2.1. Aireación y Filtración

La aireación es el método más utilizado para el tratamiento de aguas con alto contenido de hierro, con el fin de disminuir el consumo de reactivos. En este proceso, el oxígeno de la atmósfera reacciona con las formas solubles del hierro y del manganeso, para producir óxidos relativamente insolubles de los mismos. Sin embargo, el manganeso tiene una velocidad de oxidación muy baja, motivo por el cual este proceso no es efectivo para la remoción de Mn (+2), pues para disminuir las concentraciones de manganeso en este proceso se requieren tiempos altos de tratamiento y un tratamiento químico adicional.

7.2.2. Oxidación y Filtración

Este método consiste en un sistema de dosificación de productos químicos y filtros, en un pH básico. Los agentes oxidantes que se puede utilizar son gas cloro o hipoclorito, sin embargo, este proceso tiene deficiencias en la etapa de filtración, debido a que se forman precipitados coloidales que atraviesan el filtro.

7.2.2.a Oxidación con sustancias agentes oxidantes. La oxidación es el proceso mediante el cual el ion manganeso (Mn^{+2}) pasa un estado oxidado (MnO_2), donde el principal agente para llevar a cabo este proceso es el oxígeno.

En el proceso de tratamiento de aguas se utilizan diferentes agentes oxidantes, los más comunes son el ion cloro, ozono, dióxido de cloro y permanganato. En la tabla 1 se muestra el potencial de oxidación de los diferentes agentes oxidantes y su reacción con el Mn^{+2} .

Tabla 1
Potenciales de oxidación de diferentes agentes oxidantes

OXIDANTE	REACCIÓN	POTENCIAL DE OXIDACIÓN (mg/mg Mn^{2+})
O_2	$Mn^{2+} + \frac{3}{2}O_2 + 2H^+ \rightarrow MnO_2 + H_2O$	0.29
$KMnO_4$	$3Mn^{2+} + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 5MnO_{2(s)} + 4H^+ + 2K^+$	1.92
Cl_2	$Mn^{2+} + Cl_2 + 2H_2O \rightarrow MnO_2 + 2Cl^- + 4H^+$	1.29
ClO_2	$Mn^{2+} + 2ClO_2 + 2H_2O \rightarrow MnO_2 + 2ClO_2^- + 4H^+$	2.46
O_3	$Mn^{2+} + O_3 + H_2O \rightarrow MnO_{2(s)} + O_2 + 2H^+$	2.1
H_2O_2	$Mn^{2+} + H_2O_2 + 2HO^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$	1.92

Nota: Potenciales de oxidación del manganeso en presencia de diferentes agentes oxidantes Tomado de [30] D. B. MARTÍNEZ, «REMOCIÓN DE MANGANESO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE TOCANCIPÁ – CUNDINAMARCA.»

El motivo por el cual se realiza la oxidación del manganeso (Mn^{2+}) a óxido de manganeso (MnO_2), es el siguiente: el óxido de manganeso es relativamente insoluble en agua a diferencia del ion manganeso, de esta forma, al obtener el estado de oxidación +4 del manganeso, se realiza una sedimentación de este, sin embargo, es posible que se formen precipitados coloidales que atraviesen los filtros, por este motivo se debe realizar proceso de coagulación y floculación que permitan obtener un filtrado más efectivo para la remoción del manganeso presente en el agua.

8. EQUIPOS DE PROCESO Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

8.1. Equipos del proceso

8.1.1. Aplicación de permanganato de potasio por aerografía.

Para realizar la aplicación del permanganato de potasio, la EMPRESA TEXTIL cuenta con dos espacios adecuados. El primero de ellos es un carrusel y el segundo es una cabina para aerografía los cuales se encuentran adecuados para evitar lo más posible la contaminación al medio ambiente, además de esto, se requieren pistolas de aerografía y compresores.

- Carrusel y cabina de aplicación

El objetivo de estos equipos es que, al realizar la aplicación del permanganato de potasio, el proceso sea más eficiente, efectivo y menos contaminante, por este motivo cuentan con una serie de adaptaciones, que facilitan la realización de este proceso. En ambos equipos se cuenta con un maniquí inflable, que permite imitar las piernas y de esta forma al poner el pantalón se tiene una vista más real de la prenda, que permite ubicar los usados de manera correcta y natural.

En el carrusel de aerografía mostrado en la figura 11, los maniqués cuentan con movilidad a modo de rotación y traslación sobre un riel superior, lo que permite facilidad en la ubicación de la prenda siguiendo el esquema mostrado en la figura 10.

Figura 10

Flujograma de aplicación de permanganato de potasio sobre prendas denim



Nota: Explicación del proceso de aplicación del permanganato de potasio en el carrusel.

El procedimiento establecido es el descrito en la figura 10, donde los operarios manuales se encuentran en la zona de aplicación y mantienen una distancia aproximada de 0,5 m de la prenda para realizar la aplicación de permanganato de potasio y obtener un efecto degradado, dependiendo del prototipo al que se requiera llegar, varía la intensidad de la aplicación y la velocidad de la misma, con el fin de mantener un control sobre las aplicaciones realizadas, el supervisor del área realiza controles cada hora, revisando 20 prendas al azar y corrigiendo de ser necesario la técnica utilizada.

Figura 11

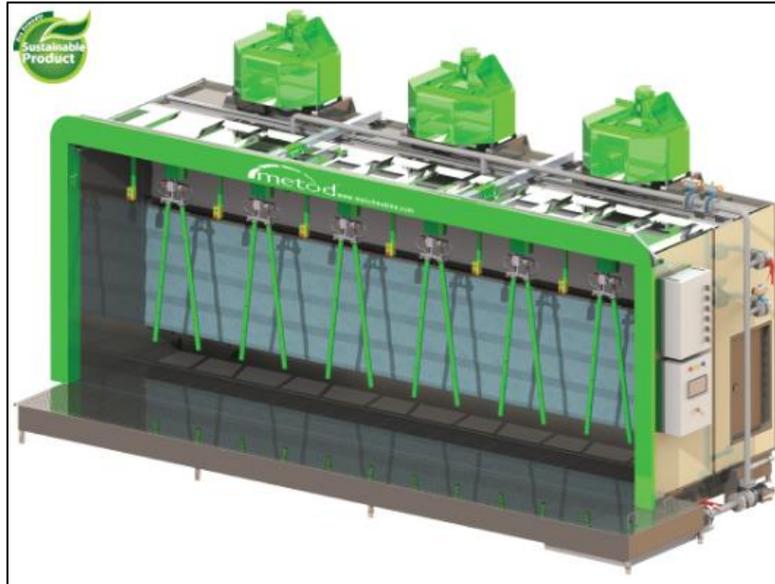
Diagrama de Carrusel de aerografía para permanganato de potasio



Nota: Esquema de carrusel para aplicación de permanganato de potasio tomado de [31] «Metod Makina Sanayi,» [En línea]. Available: <https://www.metodmakina.com/konveyorlu-sprey-ve-kimyasal-uygulama-kabinleri/3/>. [Último acceso: 02 05 2023].

En el caso de la cabina mostrada en la figura 12, cuenta con los mismos maniquíes, pero estos no cuentan con el riel superior para movimiento de traslación, se encuentran en un punto fijo y giran únicamente sobre su propio eje a necesidad del operario. Este equipo disminuye la eficiencia del proceso debido a que el operario encargado de aplicar el producto es el mismo que realiza la acomodación de la prenda sobre el maniquí, aumentando así el tiempo de aplicación por unidad.

Figura 12
Cabina de aplicación de permanganato de potasio



Nota: Esquema de carrusel para aplicación de permanganato de potasio tomado de [32] «Metod Makina.» [En línea]. Available: <https://www.metodmakina.com/eco-friendly-profesyonel-sprey-ve-kimyasal-uygulama-kabinleri/1/>. [Último acceso: 02 05 2023].

En el proceso de aplicación por aerografía, parte del producto no es absorbido por las prendas, para evitar la dispersión del permanganato de potasio en el ambiente, se tiene una cortina de agua detrás de la zona de aplicación como se muestra en la figura 13, esta cortina absorbe el excedente del producto, el agua es recirculada constantemente por un tiempo de entre 6 y 8 horas, una vez pasa este lapso, el agua es reemplazada por agua limpia y la que se retira es tratada y enviada a la PTAR de la compañía.

Figura 13
Cortina de agua de la zona de aplicación de permanganato de potasio



Nota: *Cortina de agua ubicada en la parte trasera de la zona de aplicación para evitar dispersión del permanganato de potasio aplicado por aerografía*

- **Aerógrafo**

La aplicación del permanganato de potasio se hace por método de aerografía, para esto se necesita un equipo que consta de una pistola de aerografía (figura 14) y un compresor (figura 15), que permite generar una nube dependiendo la intensidad de aplicación que se requiera, esto se realiza estableciendo la presión del aire y la cantidad de producto necesaria.

Figura 14
Pistola de aerografía



Nota: pistola utilizada para el proceso de aplicación de permanganato de potasio por aerografía tomado de [33] «Lojado Mecanico,» [En línea]. Available: <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/97745/24/244/pistola-tipo-aerografo-05mm-com-caneca-150ml-arcom-arc-k3-a>. [Último acceso: 03 05 2023].

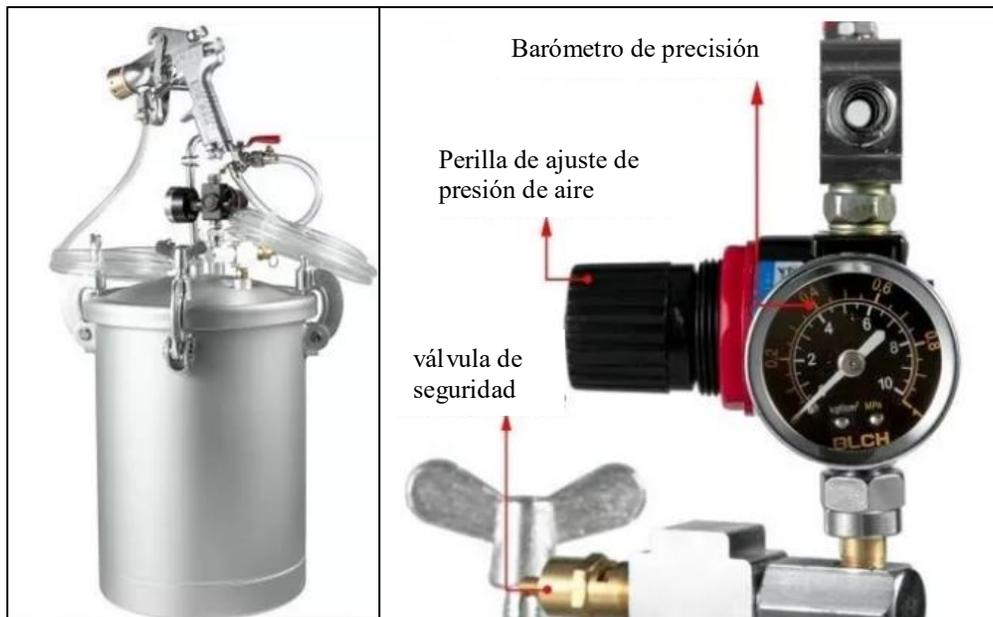
La pistola de aerografía cuenta con una boquilla que permite que la nube de producto sea uniforme, debido a que el permanganato de potasio es una sustancia sólida, después de cierto tiempo de aplicación se tiende a generar taponamiento de la boquilla, lo que puede generar manchas en los pantalones al evitar que la nube generada tenga el comportamiento debido. Por esta razón se realiza un proceso de limpieza del equipo 1 vez por semana.

La válvula de ajuste de aire y la perilla ajustadora de fluido son esenciales para este proceso, ya que están encargadas de graduar la cantidad de aire y de producto que se mezclarán para generar la nube, de esta forma el producto es expulsado de la pistola de forma más o menos directa hacia la prenda.

Adicional a esto, la pistola cuenta con una conexión para las mangueras del compresor, con un envase que puede variar en tamaño según la necesidad, regularmente tiene capacidad de almacenamiento de 400 a 500 ml de producto y una válvula reguladora de rociado, que permite establecer la amplitud de la nube de aplicación.

Figura 15

Compresor industrial para aplicación de permanganato de potasio y partes de seguridad



Nota: compresor utilizado en el proceso de aplicación de permanganato de potasio por aerografía tomado de [34] «Mercado Libre,» [En línea]. Available: <https://tinyurl.com/mva2vrcj>. [Último acceso: 03 05 2023].

El compresor utilizado es un equipo industrial que cuenta con diversos usos, principalmente en la aplicación de pintura, este equipo permite almacenar alrededor de 15 L de producto, cada prenda tiene un consumo promedio de 25 ml de producto, por lo que con un tanque lleno se puede realizar la aplicación sobre 600 prendas, un tiempo estándar de aplicación por cada prenda es de 0,15 minutos dando una capacidad de 400 unidades por hora, es decir, el tanque debe ser rellenado de producto cada 1,5 horas aproximadamente.

El compresor cuenta con una perilla de ajuste de presión, un barómetro y una válvula de alivio, que permiten mantener las condiciones adecuadas dentro del tanque para evitar posibles accidentes por incrementos de presión inesperados u otros motivos.

8.1.2. Proceso de reducción del permanganato de potasio.

El proceso posterior a la aplicación de permanganato de potasio sobre las prendas comprende una lavandería por agotamiento con un agente reductor que por medio de una reacción de tipo redox, lleva el manganeso a un estado de oxidación +2, siendo de esta forma soluble en el agua y permitiendo que la prenda pierda la coloración amarilla-marrón y se pueda observar el decolorado localizado que se requiere.

El equipo requerido para llevar a cabo este proceso es una lavadora industrial mostrada en la figura 16 que cuenta con una capacidad de carga de 1000 kg aproximadamente.

Figura 16
Lavadora Tonello G1 LW3/MW3



Nota: lavadoras para prendas confeccionadas, con centrifuga de baja o media velocidad tomado de [35] «Tonello» [En línea]. Available: <https://tonello.com/es/macchina/g1-lw3-mw3/>. [Último acceso: 03 05 2023].

8.2. Elementos de protección personal.

Los equipos de protección personal se basan en las indicaciones de peligros de la ficha de seguridad del producto más peligroso utilizado en el proceso, en este caso, se basan en las recomendaciones de la FDS del permanganato de potasio, estas son:

- Protección de ojos

Uso de equipo de protección para los ojos aprobado por las normas correspondientes, gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro.

- Protección de la piel

Se recomienda el uso de guantes de nitrilo en buen estado y overol antifluído, para evitar el contacto del producto con la piel del operario.

- Protección respiratoria

Se utiliza una máscara con doble filtro, que cubra boca y nariz debidamente para evitar inhalación del producto y exposición prolongada al mismo.

- Otras protecciones

Debido a que los operarios se encuentran en una planta que mantiene constante movimiento de estibas y elementos para transportar prendas principalmente, se deben considerar otros elementos de protección personal que garanticen la integridad de las personas, entre estos se encuentran: Botas de seguridad con punta de hierro, para evitar accidentes causados por un vehículo en movimiento o la caída de algún equipo de proceso y cofia para el cabello de las mujeres, que disminuye el riesgo de que el cabello se enrede en algún equipo y provoque un accidente.

Adicionalmente, se tienen otras medidas de cuidado como la prohibición del uso de aretes, anillos, relojes, piercings y el uso de cabello suelto, todo con el fin de proteger a los operarios y garantizar un entorno de trabajo seguro.

En la figura 17 se presenta el uso completo de los elementos de protección personal utilizados por una operaria de la EMPRESA TEXTIL.

Figura 17
*Uso de EPP's operaria de aerografía en la
EMPRESA TEXTIL*



Nota: Operaria de aerografía con permanganato de potasio, utilizando las EPP's correspondientes.

9. CONTRATIPOS DE PERMANGANATO DE POTASIO EN EL MERCADO

En vista de las problemáticas a la salud y medio ambientales asociadas al uso de permanganato en la industria textil, diferentes empresas a nivel mundial han desarrollado contratipos que permiten obtener el efecto deseado eliminando el uso de permanganato de potasio.

La reducción de tono de las prendas puede ser obtenida mediante modificaciones químicas o físicas, en el caso del permanganato de potasio, es una modificación química, debido a que se lleva a cabo un proceso de oxidación del manganeso que genera reducción del colorante que se encuentra sobre la base textil.

Se estudian diferentes contratipos presentes en el mercado considerando precio, accesibilidad, disponibilidad y ubicación del proveedor, estos aspectos son esenciales para la elección de los contratipos a ensayar. La información recopilada se presenta en la figura 18, donde considerando la accesibilidad del producto, se establece la viabilidad de solicitar una muestra a los proveedores correspondientes y realizar el ensayo de los diferentes contratipos, tomando de esta forma la decisión de ensayar o descartar cada producto.

Figura 18

Cuadro de selección de contratipos para el permanganato de potasio

Contratipo	País	Descripción	Accesibilidad	Decisión
1	ALEMANIA	Blanqueador biodegradable, para la obtención de auténticos efectos de jeans usados mediante un proceso de blanqueo localizado por spray. Libre de metales pesados, cloro y AOX.	El proveedor tiene sucursal en Colombia, cerca de Medellín, por lo tanto, se encargan de poner el producto en la empresa textil.	Viable para ensayar
2	TURQUIA	Producto químico sostenible que acaba con el uso de permanganato para tejidos teñidos con índigo, ahorra un 99% de agua y 6 veces más tiempo.	A la EMPRESA TEXTIL le corresponde asumir gastos de importación y aduanas y el tiempo aproximado de recepción de la muestra es de 6 meses.	No viable para ensayar

3	COLOMBIA	<p>Corresponde a un compound reductor a base de Permanganato de sodio, estabilizadores orgánicos de meta silicatos, sales marinas y acelerantes especialmente diseñado para trabajar sobre Jeans.</p>	<p>El distribuidor del producto es una compañía colombiana que se encarga de poner el producto en la EMPRESA TEXTIL.</p>	<p>Viable para ensayar</p>
4	ESPAÑA-ITALIA	<p>La tecnología láser actúa como una fuente térmica enfocada por medio de que elimina el colorante índigo de los tejidos denim por sublimación. [23] Adicional a la fuente de calor, se considera el uso de un acelerador de láser ofrecido por un proveedor italiano, que contribuye a potencializar la fuente de calor y a evitar la redeposición del colorante índigo sobre la prenda.</p>	<p>La EMPRESA TEXTIL cuenta con la tecnología láser en este momento, la obtención del acelerador ofrecido por el proveedor italiano no representa un problema para el ensayo.</p>	<p>Viable para ensayar</p>
5	ESPAÑA-ALEMANIA	<p>La tecnología láser actúa como una fuente térmica enfocada por medio de que elimina el colorante índigo de los tejidos denim por sublimación. [23] Adicional a la fuente de calor, se considera el uso de un acelerador de láser ofrecido por un proveedor alemán, que contribuye a potencializar la fuente de calor.</p>	<p>La EMPRESA TEXTIL cuenta con la tecnología láser en este momento, la obtención del acelerador ofrecido por el proveedor alemán no representa un problema para el ensayo.</p>	<p>Viable para ensayar</p>

Nota: Cuadro con generalidades de los posibles contratipos al permanganato de potasio.

Con base en la figura anterior, se define 4 posibles contratipos nombrados como CONTRATIPO A, CONTRATIPO B, CONTRATIPO C1 y CONTRATIPO C2, descartando el contratipo 2 debido a los costos de importación y tiempos de entrega de este, a continuación, se explicará en cada contratipo los parámetros más importantes.

9.1. Generalidades de contratipos

9.1.1. *Contratipo A.*

El contratipo A es ofrecido por una compañía alemana, la cual provee a la EMPRESA TEXTIL de diferentes productos auxiliares para la lavandería de prendas Denim y la tintorería de otros tipos de tejidos.

El contratipo A se encuentra descrito como un blanqueador biodegradable, para la obtención de auténticos efectos de jeans usados mediante un proceso de blanqueo localizado por spray. Libre de metales pesados, cloro y AOX. Con el fin de garantizar las condiciones de aplicación, es necesario acompañar el contratipo con una solución Buffer de pH 4.0, proveída por la misma compañía y de manera opcional se puede incluir un agente dispersante que apoye la limpieza otorgada por el producto sobre la prenda.

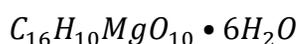
9.1.1.a Composición y datos de seguridad del contratipo A. La composición del producto es informada de forma parcial en la hoja de seguridad presente en el anexo 1, debido a que se encuentra patentado por la compañía alemana, restringen la información completa del producto, la composición se muestra a continuación.

Tabla 2

Composición del contratipo A

Nombre químico	No CAS	Concentración (% w/w)
Monoperoxifalato de magnesio Hexa hidrato E	84665-66-7	>= 85 - < 90
Ácido ftálico	88-99-3	>= 7 - < 10

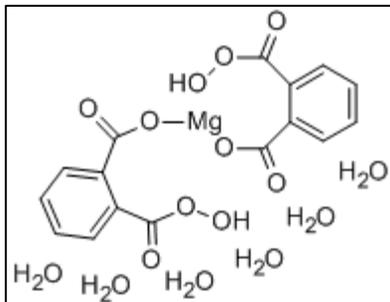
A continuación, se encuentran las fórmulas y estructuras químicas de los compuestos descritos en la tabla 2



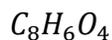
3

Figura 19

Estructura química del
MONOPEROXIFTALATO DE
MAGNESIO HEXAHIDRATO E



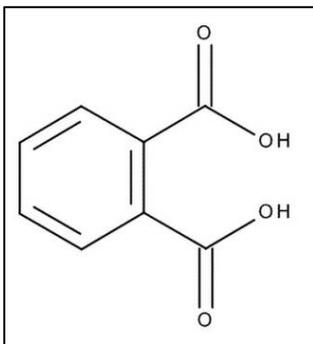
Nota: Estructura química del
MONOPEROXIFTALATO DE
MAGNESIO HEXAHIDRATO E presente
en el contratipo A tomado de: [37]
«ChemWhat,» [En línea]. Available:
<https://www.chemwhat.es/monoperoxiftalato-de-magnesio-hexahidrato-tecnolog%C3%ADa-80-cas-131391-55-4/>. [Último acceso: 08 05 2023].



4

Figura 20

Estructura química del Acido
ftálico



Nota: estructura química del Acido
ftálico tomado de [38]
«Merckmillipore,» [En línea].
Available:
https://www.merckmillipore.com/CO/es/product/Phthalic-acid,MDA_CHEM-822298?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F. [Último acceso: 08 05 2023].

- Datos de seguridad del contratipo A

En la hoja de seguridad del contratipo se indica que el principal riesgo medioambiental es el riesgo de incendio en caso de calentamiento, entre los riesgos de salud se encuentra la irritación cutánea, lesiones oculares graves e irritación de vías respiratorias.

Las especificaciones e indicaciones medicas en caso de contacto con la sustancia se especifican en el anexo 1.

9.1.1.b Proceso para el contratipo A

- Preparación del producto

Según las recomendaciones presentadas en la ficha técnica otorgada por el proveedor, el contratipo A se debe preparar de la siguiente manera:

CONTRATIPO A: 10% - 12,5% p/v

SOLUCIÓN BUFFER: Se utiliza al 10% v/v de la concentración del Contratipo A

DISPERSANTE: 1% v/v

AGUA

Debido a que el contratipo A es un sólido blanco-beige, se debe realizar la mezcla con agua en agitación constante hasta obtener una solución homogénea, la cual es completamente transparente, por este motivo el proveedor recomienda el uso de un colorante que permita a la persona encargada de realizar el proceso de aerografía ver los lugares donde se aplique el producto. Según la información suministrada por el proveedor este colorante no reacciona ni se fija a la prenda, por lo cual un proceso de lavado sencillo permite eliminar el colorante sin que presente inconvenientes de cambios de matiz o manchas.

- Método de aplicación.

El contratipo A es una solución líquida con las sustancias descritas en la preparación, por ese motivo el método de aplicación es por aerografía, de la misma forma que el permanganato de potasio.

Al igual que en la aerografía del permanganato de potasio, el contratipo A se aplica en la parte frontal sobre los muslos y detalles como pretina y bolsillos y en la parte trasera sobre la cola, esto con el fin de obtener efectos de desgaste naturales sobre las prendas.

- Proceso de lavandería posterior

Según las recomendaciones del proveedor, este producto solo requiere un lavado con dispersante, que permita remover el índigo que se reduce de las partes donde se aplica el contratipo A y que evite la redeposición del mismo.

- Tratamiento del agua residual

El agente oxidante que predomina en el contratipo A es el peróxido de hidrógeno orgánico presente en el monoperoxifitalato de magnesio Hexa hidrato E, por ende, este es el compuesto de principal interés al momento de realizar el tratamiento del agua residual del proceso.

El peróxido de hidrógeno es una sustancia inestable, la cual se descompone rápidamente en oxígeno y agua en una reacción exotérmica, también se degrada rápidamente en el agua y en el suelo y aire se degradará al reaccionar con otros compuestos, esta sustancia tampoco es acumulativa en la cadena alimentaria. [39]



Con base en la información anterior, el proceso de tratamiento de agua residual para el contratipo A, no requiere el consumo de otras sustancias, ni adición de etapas, para obtener un agua apta para su devolución al sistema de alcantarillado.

9.1.2. Contratipo B

El contratipo B es ofrecido por una empresa colombiana, la cual se encarga de distribuir diferentes sustancias importadas desde otros países, esta empresa también distribuye sustancias genéricas como el permanganato de potasio, sulfato de sodio, colorantes, entre otras.

Este contratipo esta descrito por el proveedor como un compound o mezcla sinérgica de sustancias con fines de reductores a base del agente oxidante Permanganato de sodio, estabilizadores orgánicos de meta silicatos, sales marinas y acelerantes especialmente diseñado para trabajar sobre Jeans.

9.1.2.a Composición y datos de seguridad del contratipo B. Las sustancias peligrosas que componen el producto se encuentran informadas por el proveedor en la ficha de seguridad presente en el anexo 1. Esta información se muestra en la tabla 3.

Tabla 3
Composición del contratipo B

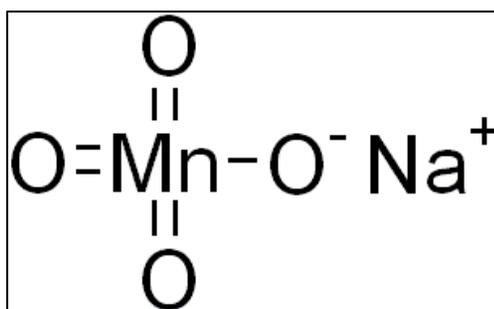
Nombre químico	No CAS	Concentración (% w/w)
Permanganato de sodio	10101-50-5	40%

A continuación, se encuentran las fórmulas y estructuras químicas de los compuestos descritos en la tabla 3.



6

Figura 21
Estructura química del permanganato de sodio



Nota: Estructura química del permanganato de sodio presente en el contratipo B tomado de [40] «THE PERMANGANATE COMPANY,» Magnesia Chemicals, [En línea]. Available: <http://magnesiachemicals.com/sodium-permanganate/>. [Último acceso: 08 05 2023].

- Datos de seguridad del contratipo B

En la hoja de seguridad del contratipo, se indica que los riesgos del producto se encuentran asociados al permanganato principalmente, siendo un líquido comburente, con peligro para el medio ambiente acuático a corto y largo plazo. Los riesgos de la salud es toxicidad por ingestión y corrosión cutánea y ocular.

Las especificaciones e indicaciones medicas en caso de contacto con la sustancia se especifican en el anexo 1.

9.1.2.b Proceso para el Contratipo B

- Preparación del producto

Según las recomendaciones presentadas en la ficha técnica de la sustancia, el producto se prepara en una solución con agua y de forma opcional se puede agregar ácido acético de la misma forma en la que se prepara el permanganato de potasio, debido a que este producto no está concentrado en un 100% de permanganato de sodio, las concentraciones de preparación utilizadas son mayores que las de la sustancia que se requiere reemplazar.

CONTRATIPO B: la concentración recomendada para obtener el desgaste de colorante índigo requerido es un 15% mayor a la utilizada para el permanganato de potasio, en el caso de la EMPRESA TEXTIL el valor debe ser 46 g/L.

AGUA.

- Método de aplicación.

El contratipo B es una solución líquida con las sustancias descritas en la preparación, por ese motivo el método de aplicación es por aerografía, de la misma forma que el permanganato de potasio.

Al igual que en la aerografía del permanganato de potasio, el contratipo B se aplica en la parte frontal sobre los muslos y detalles como pretina y bolsillos y en la parte trasera sobre la cola, esto con el fin de obtener efectos de desgaste naturales sobre las prendas.

- Proceso de lavandería posterior.

Debido a que el contratipo B es a base de permanganato de sodio, el proceso posterior comprende una reducción del permanganato a manganeso +2, de la misma forma en la que procesa el permanganato de potasio. Este contratipo no genera mejoras en el proceso, pues el producto presenta el mismo comportamiento que el permanganato de potasio y, por ende, se utiliza, reduce y elimina de la misma forma.

- Tratamiento de agua residual.

El tratamiento que se requiere para el agua residual de los procesos que incluyen el contratipo B, es el mismo que se requiere cuando el producto utilizado es el permanganato de potasio, es decir, se realiza una oxidación con diversos agentes oxidantes y lo que permite obtener óxidos de manganeso que sedimentan y se pueden filtrar y se agregan coagulantes y floculantes que permiten eliminar en el filtro las posibles suspensiones coloidales que puedan mantenerse en el agua residual, según lo explicado en el numeral 8.2 de este documento.

9.1.3. *Contratipo C*

En la búsqueda de obtener procesos más limpios y eficientes, diferentes empresas alrededor de mundo han desarrollado un medio de modificación física que permite reducir el índigo de las prendas por medio de una fuente de calor concentrada en un láser, dentro de estas empresas, se encuentra una compañía española dedicada al diseño de maquinaria para la industria textil.

El contratipo C es un láser que permite realizar diferentes diseños sobre las prendas, cuenta con un software de diseño donde se pueden definir los diferentes efectos que se requieran sobre las prendas, por medio de una fuente de calor concentrado estos diseños son marcados sobre las prendas, permitiendo obtener tanto efectos localizados como efectos más elaborados y definidos para prendas.

La compañía española desarrolla un efecto llamado Light PP, el cual hace referencia a una luz de permanganato de potasio marcada el láser, esto con el fin de disminuir o eliminar la necesidad del uso de esta sustancia en el proceso de acabados de jeans y de esta forma también aportar a mejoras en el proceso.

El principal inconveniente del proceso es la eficiencia de este, pues el marcaje de láser en efecto Light PP cuenta con tiempos elevados, lo que genera que el número de prendas por hora se vea disminuido a la mitad del requerido al realizar la aplicación por aerografía regular. Por esto, otras compañías han desarrollado aceleradores de láser, que permiten potencializar la fuente de calor, requiriendo marcajes de menor intensidad y, en consecuencia, se disminuyen los tiempos de marcaje sin afectar la apariencia final.

De este modo, para el contratipo C se decide utilizar dos aceleradores de laser de la industria actual, dividiéndolo de esta manera en contratipos C1 y C2, haciendo referencia a los 2 aceleradores elegidos para el proceso.

9.1.3.a Especificaciones del láser. El láser es un equipo que utiliza una fuente de calor concentrado que permite remover el colorante índigo presente en los tejidos de denim por medio de sublimación, conectada a un software permite definir diseños específicos para realizar el marcaje y obtener las apariencias solicitadas por la moda del momento.

La EMPRESA TEXTIL cuenta con 2 tipos de máquinas láser, una de ellas en maniquí y la otra en mesa, estas dos instalaciones cuentan con intensidades de marcación, configuración de software y proceso operativos diferentes, para el efecto Light PP se utiliza la que cuenta con maniqués, mostrada en la figura 22, debido a la eficiencia que esta ofrece.

Figura 22

Maquina para marcación de láser en maniquí



Nota: máquina para marcación de láser en maniquí tomado de [41] «Jeanología Twin Super,» Jeanología, [En línea]. Available: <https://www.jeanologia.com/es/twin-super/>. [Último acceso: 10 05 2023].

- **Proceso de marcación láser**

Para la marcación del láser se cuenta con varias etapas, la primera es definir el diseño que se desea marcar sobre las prendas en el software desarrollado por el proveedor, considerando intensidades de marcación, contrastes claro-oscuro y escala de grises como se muestra en la figura 23.

Figura 23
Diseño para marcación láser de usados y bigotes



Nota: diseño de láser para usados y bigotes sobre prendas denim.

Una vez se define el diseño de láser, se procede a realizar la marcación sobre la prenda, este proceso se realiza acomodando la prenda en el maniquí, el cual se abre e infla a necesidad para permitir que al marcar el diseño este se vea lo más parecido posible a lo desarrollado en el software, la marcación puede ser realizada con la prenda en crudo (figura 24) o en paso intermedio (figura 25).

Figura 24

Prenda cruda con marcación de láser y efecto Light PP



Nota: marcación de láser sobre una prenda de denim cruda

Figura 25

Prenda con marcación láser en paso intermedio



Nota: marcación de láser sobre una prenda de denim en paso intermedio

- Proceso posterior a la marcación de láser

Al ser un proceso de marcación térmica, el residuo que queda sobre la prenda es una ceniza con un leve matiz café, sin embargo, esta ceniza no se encuentra fijada en el tejido, por lo que al realizar un proceso de enjuague con agua es removida sin dificultad, el colorante índigo que se desprende del tejido, pero no pasa a estado vapor tiende a volver a depositarse en la prenda, generando una apariencia matizada de azul en las partes donde se removió el colorante. Por este motivo se adicionan dispersantes al baño utilizado, que inhiben la redeposición del colorante sobre la prenda, este proceso posterior se mantiene para los contratipos C1 y C2, los cuales no requieren un tratamiento de eliminación adicional.

- Tratamiento del agua residual

Debido a que el baño utilizado para remover la ceniza no contiene ninguna sustancia específica, no se requiere ningún proceso de tratamiento de agua residual adicional a los realizados por la EMPRESA TEXTIL, puesto que solo se requiere remover los tensoactivos que puedan estar presentes en la descarga de las maquinas.

Para los contratipos C1 y C2, se conserva este mismo sistema de tratamiento de agua, debido a que los aceleradores de láser se eliminan de la prenda de la misma forma que la ceniza del láser sin requerir tratamientos adicionales.

9.1.3.b Contratipo C1. El primer acelerador láser es ofrecido por un proveedor italiano con punto de distribución en Latinoamérica, esta descrito como un compuesto que ayuda a aumentar el rendimiento del tratamiento con láser en tejidos y prendas.

Se utiliza en compañía de un auxiliar que contribuye a evitar el amarillamiento de la prenda y funciona como un dispersante para disminuir la redeposición del índigo al momento de realizar el lavado posterior al proceso.

- Composición y datos de seguridad del contratipo C1

La composición del contratipo C1 no se encuentra especificada en la hoja de seguridad como se muestra en la figura 25, en la clasificación de peligros de esta no hay datos disponibles. Respecto al auxiliar dispersante que acompaña el proceso es informada parcialmente en las hojas de seguridad correspondientes a cada una de las sustancias, esta información se encuentra presente en el anexo 1.

- Contratipo C1

Figura 26

Identificación de peligros y composición del Contratipo C1

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros 2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla Ninguno 2.2. Elementos de la etiqueta Ninguno
SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes 3.1. Sustancias N.A. 3.2. Mezclas Ninguna.

Nota: evidencia de ausencia de información de peligros y composición del contratipo C1

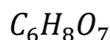
- Auxiliar dispersante para el contratipo C1

Tabla 4

Composición del auxiliar dispersante para el Contratipo C1

Nombre químico	No CAS	Concentración (% w/w)
Ácido cítrico anhidro	77-92-9	>= 40% - < 50%
Ácido etidróico	2809-21-4	>= 5% - < 7%

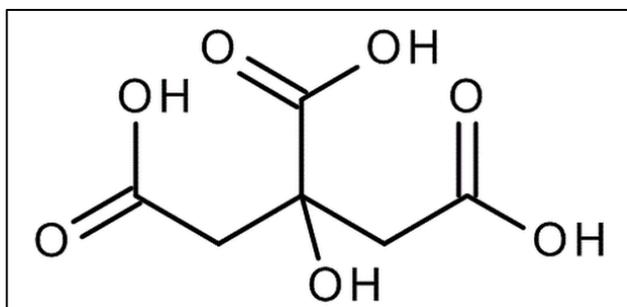
Según la información contenida en la hoja de seguridad del producto, el auxiliar dispersante cuenta con 2 sustancias principalmente.



7

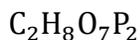
Figura 27

Estructura química del ácido cítrico anhidro



Nota: Estructura química del ácido cítrico tomado de: . [42] «Citric Acid,» International chemicals Suppliers, [En línea]. Available: <https://internationalchemicalsuppliers.weebly.com/blog/citric-acid-acido-citrico-acide-citrique>. [Último acceso: 10 05 2023].

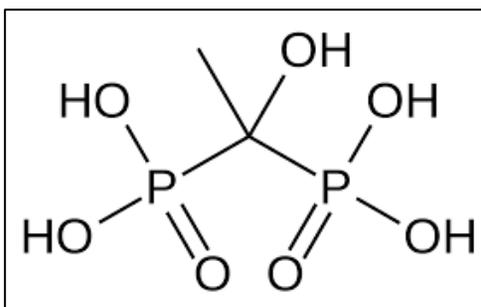
La segunda sustancia utilizada es el ácido etidónico o también conocido como ácido 1,1hidroxietilideno-1,1-difosfórico.



8

Figura 28

Estructura química del ácido
1,1hidroxietilideno-1,1-difosfórico



Nota: Estructura química del ácido
1,1hidroxietilideno-1,1-difosfórico tomado de
[43] «Ácido etidónico 60%,» Mima, [En
línea]. Available:
<https://www.productosmima.com/acido-etidronico/>. [Último acceso: 15 05 2023].

- Datos de seguridad para el auxiliar dispersante

En la hoja de seguridad de la sustancia, se indica que representa un peligro de corrosión para la piel y los ojos, principalmente, se recomienda utilizar elementos de protección personal para prevenir los posibles riesgos.

- Proceso del contratipo C1

- Preparación del producto

Según las recomendaciones presentadas en la ficha técnica del proveedor, el contratipo C1 se debe preparar dependiendo de la forma en la que se vaya a realizar la aplicación sobre la prenda, de la manera especificada en la tabla 5:

Tabla 5*Concentraciones de uso para el contratipo C1 según el método de aplicación*

Producto	Concentración
Por medio de aerografía	
Acelerador láser	50 % v/v
Auxiliar dispersante	50% v/v
Por medio de aspersión	
Acelerador láser	250 g/L de agua
Auxiliar dispersante	100 g/L de agua
Agua	
Por medio de baño en agotamiento	
Acelerador láser	150 - 250 g/L de agua
Auxiliar dispersante	150 – 250 g/L de agua
Agua	Relación de baño 1 kg de prenda : 4 L de agua

Con la preparación de la solución se busca impregnar la prenda completamente de forma previa a la marcación del láser, de esta manera este último se verá favorecido en intensidad y limpieza.

- Método de aplicación

Para el contratipo C1, existen 3 métodos de aplicación, dado que el objetivo es impregnar la prenda de producto, los medios de aplicación son:

Aplicación por medio de aerografía: Esta forma de aplicación es la misma utilizada para aplicar el permanganato de potasio, sin embargo, en este caso no se realiza de forma localizada en los lugares necesarios, se aplica el producto de manera totalizada sobre la prenda, en busca de una impregnación pareja, para asegurar que los lugares donde se realice la marcación del láser no estarán potencializados de forma parcial, evitando manchas principalmente.

Aplicación por medio de aspersión: La aspersión o nebulización es un sistema instalado en las máquinas de lavandería mediante nuevas tecnologías, es un sistema relativamente nuevo en la industria textil, que permite obtener diversos efectos sobre las prendas a un costo relativamente bajo al disminuir el consumo de productos y el gasto de agua, utiliza un sistema de boquillas que genera una nube de producto y aire dentro de la maquina el cual es absorbido por las prendas

debido al giro del tambor, el cual se configura a unas revoluciones por minuto específicas dependiendo de la forma en la que se desea la caída de las prendas en el tambor.

Este método se puede realizar de 2 formas, con la prenda húmeda o con la prenda seca, en crudo o en paso intermedio, la preparación del producto dependerá del pick up (cantidad de producto absorbido por la prenda) que se desea obtener siguiendo la siguiente fórmula:

$$L \text{ de solución} = \text{Peso inicial de la prenda (kg)} * \text{Pick up deseado(\%)} + \text{Desperdicio de la maquina (L)} \quad 9$$

El desperdicio de la maquina comprende la cantidad de producto que queda en las mangueras pertenecientes al sistema de aspersion y se debe considerar dentro de la formulación para evitar obtener un pick up menor al deseado.

Aplicación por baño en agotamiento: Este método de aplicación es la manera tradicional de lavado, donde se carga la prenda en la lavadora con una cantidad de agua definida con base en una relación de baño establecida que permita la inmersión total de las prendas sin un gasto de agua excesivo, en la EMPRESA TEXTIL, la relación de baño varía dependiendo del proceso, generalmente esta es en proporción 1 : 4, es decir, por 1 kg de prenda, se agregan 4 L de agua.

En los métodos de aplicación por aspersion y baño, la cantidad de producto depende del agua que se requiera para el proceso.

Una vez se realiza el proceso de aplicación, se procede a realizar la marcación del láser.

9.1.3.c Contratipo C2. El segundo acelerador de láser es ofrecido por una compañía alemana con sucursal de distribución en Colombia, se encuentra descrito como un producto especial para potencializar el láser, evitando etapas adicionales de limpieza y obteniendo mayores eficiencias.

Este producto requiere activación con temperatura para su correcto funcionamiento.

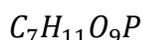
- Composición y datos de seguridad del contratipo C2.

La composición del producto es informada parcialmente en la hoja de seguridad presente en el anexo 1.

Tabla 6*Composición del contratipo C2*

Nombre químico	No CAS	Concentración (% w/w)
Acido 2-fosfonato - 1,2,4-tricarboxílico	3797-36-1	>= 50% - < 70%

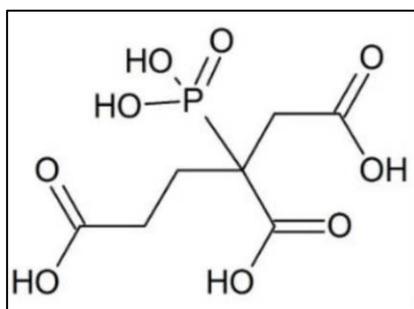
Según la información de la hoja de seguridad el principal componente del contratipo C2 es el ácido 2-fosfonobutano—1,2,4-tricarboxílico.



10

Figura 29

Estructura química del ácido 2-fosfonobutano-1,2,4-tricarboxílico



Nota: Estructura química del ácido 2-fosfonobutano-1,2,4-tricarboxílico tomado de: [44] «2-Phosphonobutane-1,2,4-tricarboxylic acid,» Santa Cruz Biotechnology, [En línea]. Available: <https://www.scbt.com/es/p/2-phosphonobutane-1-2-4-tricarboxylic-acid-37971-36-1>. [Último acceso: 15 05 2023].

- Datos de seguridad del contratipo C2

Los riesgos especificados para esta sustancia en la hoja de seguridad es la corrosión a metales y toxicidad aguda para la piel en caso de contacto.

Las especificaciones e indicaciones medicas en caso de contacto con la sustancia, se encuentran en el anexo 1.

- Proceso para el contratipo C2
- Preparación del producto

Según las recomendaciones del proveedor, se debe preparar una solución únicamente con el producto diluido en agua.

CONTRATIPO C2: 50 g/L

AGUA

- Método de aplicación

Según las recomendaciones del proveedor, el contratipo C2 puede aplicarse por medio de 3 métodos, los mismos explicados para el contratipo C1, sin embargo, el pick up que se requiere obtener sobre la prenda para esta sustancia es significativamente mayor al requerido por el contratipo C1, por este motivo, el proveedor recomienda realizar el proceso de aplicación por baño en agotamiento, con una relación de baño 1 : 3.

Posterior al agotamiento con el producto, se realiza un proceso de centrifugado, este debe ser leve para evitar la extracción del producto en la prenda.

Una vez pasa el proceso de centrifuga, se procede a realizar un secado para la activación del producto, este secado puede ser en tambor o en horno. Cuando la prenda está seca, se pasa a realizar la marcación del láser.

10. PARAMETROS PARA APLICACIÓN DE CONTRATIPOS

Los parámetros de aplicación de los productos permiten generar un orden en los procesos realizados y garantizar una reproducibilidad del proceso, pues si bien existe un factor de error humano de forma latente, al controlar los demás parámetros la posibilidad de errores se verá disminuida de manera importante.

Los parámetros de aplicación varían según el producto utilizado y el proceso realizado para el mismo, se establecen con base en la ficha técnica entregada por el proveedor, donde se encuentra la concentración de uso recomendada, el método de aplicación apropiado y los resultados esperados.

Cada uno de los contratipos elegidos tiene diferentes parámetros de uso establecidos con anterioridad por las empresas que los diseñan, algunos cuentan con diferentes opciones de aplicación y se debe elegir la más conveniente en cuanto a eficiencia y productividad para la EMPRESA TEXTIL.

Para cada contratipo se definirán los parámetros críticos de aplicación, con el fin de garantizar el óptimo comportamiento de cada uno, estos serán: definición del método de aplicación, concentración óptima de producto y preparación de soluciones.

10.1. Contratipo A

10.1.1. Método de aplicación.

El producto se encuentra diseñado para ser aplicado sobre prendas denim y de esta forma obtener disminución de tono con efectos específicos, por este motivo el proveedor indica que es posible realizar aplicación del producto por método de aspersion o de forma manual por aerografía, debido al uso que se busca obtener del producto, se decide realizar la aplicación por medio de aerografía, de la misma forma en la que se utiliza el permanganato de potasio.

Como parámetro fundamental para este proceso, se define:

- Distancia de aplicación: 0.5 m aproximadamente
- Temperatura de aplicación: 20°C (temperatura ambiente)
- pH: 4.0 – 4.5

10.1.2. Concentración óptima de producto.

Con base en la información que proporciona el proveedor, se define el uso óptimo del producto en una solución con agua a las siguientes concentraciones:

- Contratipo A: 12.5%

- Solución Buffer: 1.25%
- Colorante: 0.5 g/L
- Agua: 86,25%

Debido al método de aplicación, se omite el uso del agente dispersante, debido a que, según pruebas realizadas por el proveedor, puede contribuir a la aparición de manchas.

10.1.3. Preparación de la solución.

La solución se debe preparar considerando el posible gasto de esta, debido a que no se conoce el gasto por prenda, se realiza la formulación de la solución en base a 1 L, de la siguiente manera:

$$g \text{ de Contratipo A} = 1000 \text{ ml} * 0.998 \frac{g}{ml} * 12,5\% = 124.75 \text{ g} \quad 11$$

$$ml \text{ de solución Buffer} = 1000 \text{ ml} * 1.25\% = 12.50 \text{ ml} \quad 12$$

$$g \text{ de colorante} = 1L * 0.5 \frac{g}{L} = 0.5 \text{ g} \quad 13$$

Una vez añadidos las sustancias debidamente medidas y pesadas, se debe realizar un proceso de dilución por medio de agitación, con el fin de obtener una mezcla homogénea que evite la obstaculización de las boquillas y mangueras del equipo de aerografía.

10.2. Contratipo B

10.2.1. Método de aplicación.

El contratipo B es una sustancia líquida, debido a su naturaleza, la forma de aplicación del producto es por medio de aerografía, de la misma forma en la que se aplica el permanganato de potasio, bajo los siguientes parámetros:

- Distancia de aplicación: 0.5 m aproximadamente
- Temperatura de aplicación: 20°C (temperatura ambiente)
- pH: 5.5 – 7.0

10.2.2. Concentración óptima del producto.

Con base en la información que proporciona el proveedor, se define el uso óptimo del producto en una solución con agua a la siguiente concentración:

- Contratipo B: 46 g/L
- Agua: 100%

El uso de ácido acético es opcional en este proceso, se decide omitir esta sustancia, para prevenir el posible debilitamiento de la fibra y amarillamiento de la prenda.

10.2.3. Preparación de la solución.

La solución se debe preparar considerando el posible gasto de esta, debido a que no se conoce el gasto por prenda, se realiza la formulación de la solución en base a 1 L, de la siguiente manera:

$$g \text{ de Contratipo B} = 1L * 46 \frac{g}{L} = 46 g \quad 14$$

El contratipo B es completamente miscible con el agua, por lo que se requiere una mínima agitación para formar una mezcla homogénea y garantizar la no presencia de fases en la solución.

10.3. Contratipo C

Debido a que el contratipo C es una reducción de color de tipo físico, únicamente se debe validar la intensidad de marcaje del láser para el efecto light PP, lo que dependerá del tono de la prenda, si es un tono claro, la intensidad de marcaje debe ser mayor a la de un tono oscuro.

10.3.1. Contratipo C1

10.3.1.a Método de aplicación. Con el fin de realizar el proceso de aplicación del producto de forma eficiente, se decide utilizar el método de aspersión sobre prenda cruda seca, de los explicados en el numeral 10.1.3.A de este documento.

Para este método de aplicación se deben considerar diferentes parámetros, estos son:

Máquina de proceso: en la EMPRESA TEXTIL, se cuenta con 3 tamaños de máquinas con sistema de aspersión, cada tamaño difiere en capacidades de carga, litros de desperdicio en mangueras, en forma y profundidad del tambor y en el alcance de la nube generada desde las boquillas ubicadas en la parte frontal.

Para realizar el ensayo de este contratipo, se decide utilizar la máquina de muestras, la más pequeña de los 3 tamaños y se considera:

- Carga de prendas: mínimo 5 kg – máximo 10 kg
- Desperdicio en mangueras: 1.5 L

Otros parámetros de aplicación son:

- Temperatura: 20°C (temperatura ambiente)
- pH: 6.0 – 7.0

- Pick up final: 6% aproximadamente

10.3.1.b Concentración óptima de producto. Con base en la información que proporciona el proveedor, se define el uso óptimo del producto en una solución con agua a las siguientes concentraciones:

- Contratipo C1: 250 g/L
- Auxiliar dispersante: 100 g/L
- Agua: 100%

La cantidad de productos se realiza en base al agua agregada, por ese motivo se encuentra a 100% en la preparación.

10.3.1.c Preparación de la solución. La solución se debe preparar considerando el posible gasto de esta, se calcula en base a la Ec. 9, teniendo en cuenta la máquina de trabajo y en base a la recomendación de pick up que la prenda debe tener al final del proceso, se realiza la siguiente formulación:

$$L \text{ de solución} = 5 \text{ kg} * 6\% + 1.5 \text{ L} = 1.8 \text{ L} \quad 15$$

$$g \text{ Contratipo C1} = 1.8 \text{ L} * 250 \frac{g}{L} = 450 \text{ g} \quad 16$$

$$g \text{ Auxiliar dispersante} = 1.8 \text{ L} * 100 \frac{g}{L} = 180 \text{ g} \quad 17$$

Los líquidos son miscibles entre sí, por este motivo solo se debe realizar agitación leve para garantizar la homogenización de la solución.

10.3.2. Contratipo C2

10.3.2.a Método de aplicación. Según las recomendaciones del proveedor, el producto el contratipo C2 debe ser aplicado sobre las prendas en proceso de agotamiento en baño, lo que permite obtener una mayor homogeneidad de producto sobre la prenda, para este proceso se tienen los siguientes parámetros:

Relación de baño: 1 : 3, por cada kg de prenda, se agregan 3 litros de agua.

pH: 6.0 – 7.0

Temperatura: 20°C (temperatura ambiente)

Al igual que para la aplicación del contratipo C1, se debe decidir la maquina donde se realizará el proceso, para de esta manera definir la cantidad de carga que tendrá esta, para este

caso, el proceso se llevará a cabo en una máquina de muestras, con capacidad mínima de 1 kg de prenda.

Para agregar el producto, se carga la prenda en la máquina, se agrega la cantidad de agua necesaria y posteriormente se dosifica la cantidad del producto necesaria en la maquina cuando ya las prendas se encuentran mojadas.

Posterior al proceso de agotamiento, se realiza un centrifugado leve y un proceso de secado en tambor, debido a que por temas de eficiencia es más rentable utilizar la secadora a utilizar el horno.

10.3.2.b Concentración optima de producto. Según ensayos previos realizados por el proveedor, se define una concentración optima en solución con agua es la siguiente:

Contratipo C2: 50 g/L

Agua: 100%

10.3.2.c Preparación del producto. La solución se prepara en base a la cantidad de agua que se agrega sobre la prenda, por ende, la formulación requerida para 1 kg de prenda es la siguiente:

$$L \text{ de agua} = 1 \text{ kg} * 3 \text{ L} = 3 \text{ L} \quad 18$$

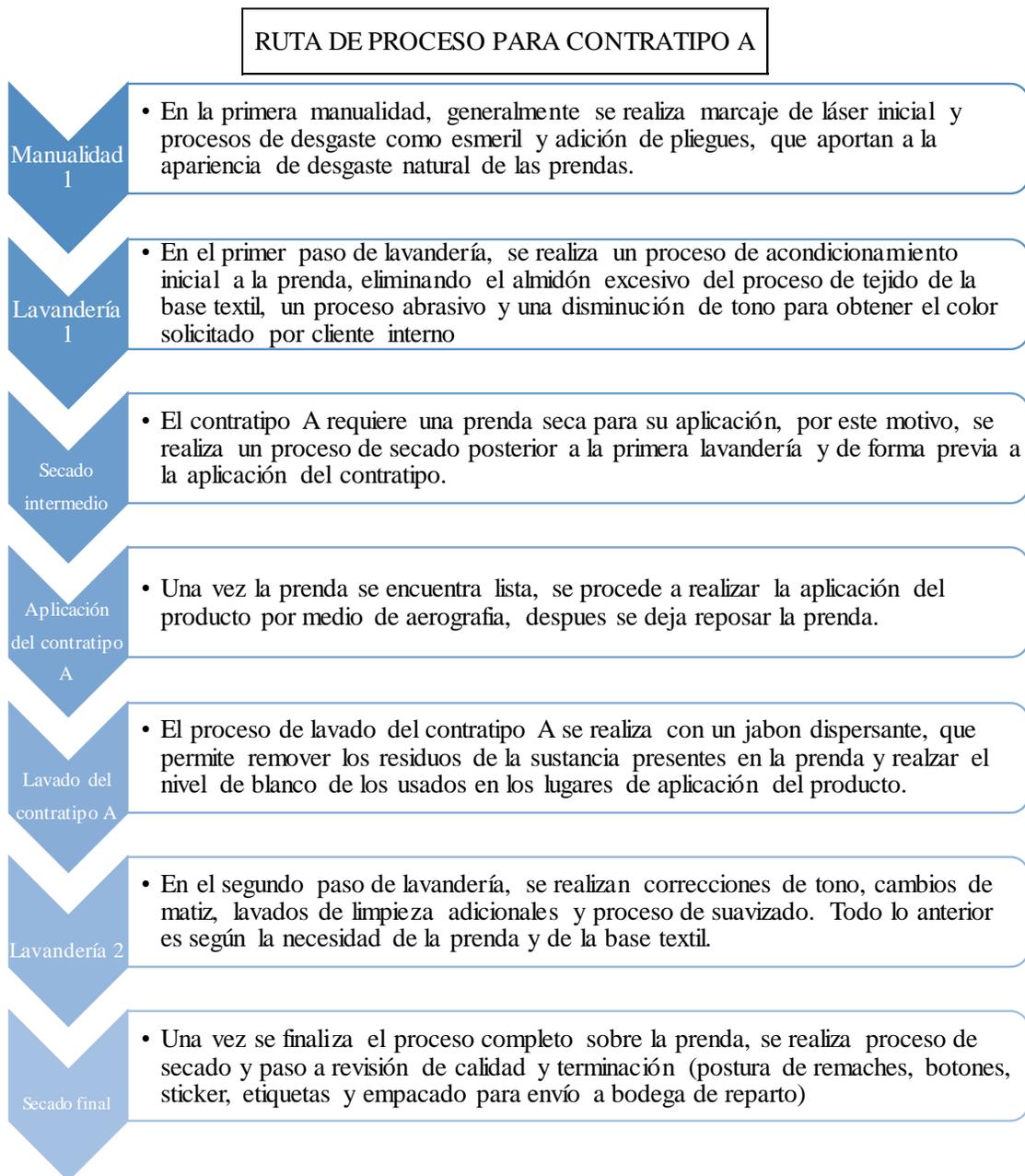
$$g \text{ Contratipo C2} = 3 \text{ L} * 50 \frac{g}{L} = 150 \text{ g} \quad 19$$

11. PROCESOS DE CONTRATIPOS.

Con base en lo explicado en este documento, se define la ruta de aplicación para cada uno de los contratipos elegidos, a continuación, se muestran las diferentes rutas.

Figura 30

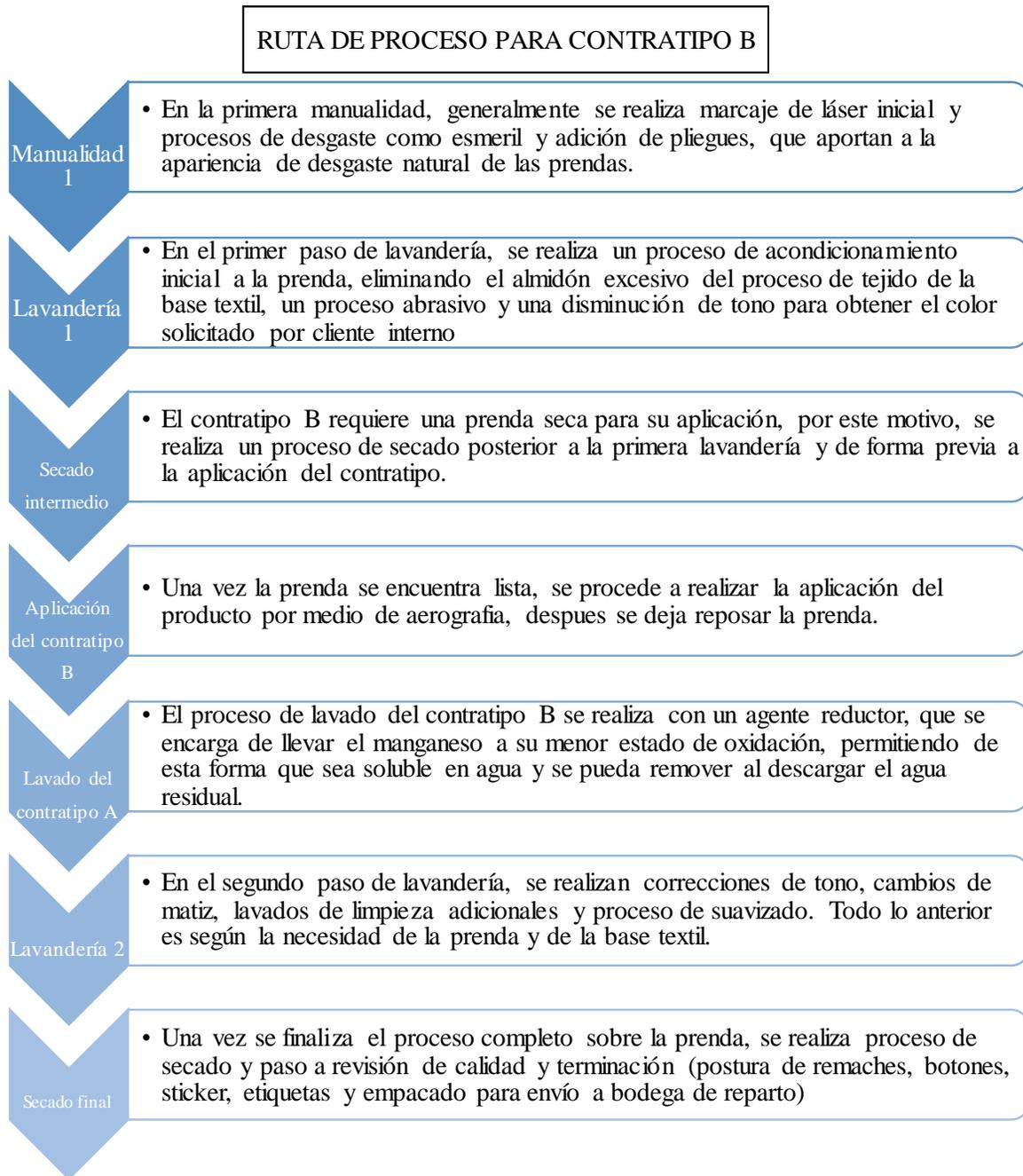
Ruta de proceso genérica para aplicación del contratipo A



Nota: Ruta de proceso a seguir para realizar el ensayo del contratipo A

Figura 31

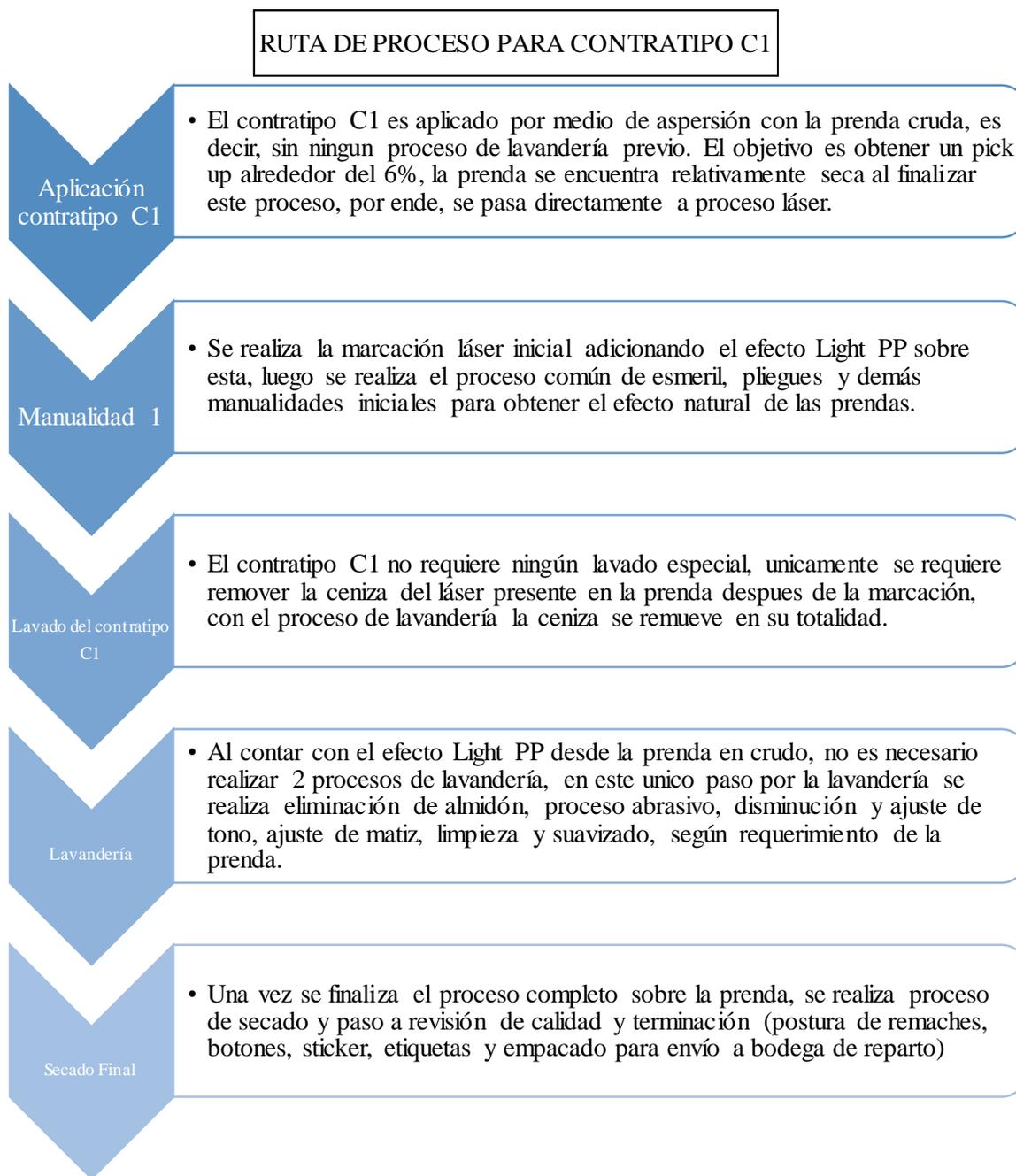
Ruta de proceso genérica para aplicación del Contratipo B



Nota: Ruta de proceso a seguir para realizar el ensayo del contratipo B

Figura 32

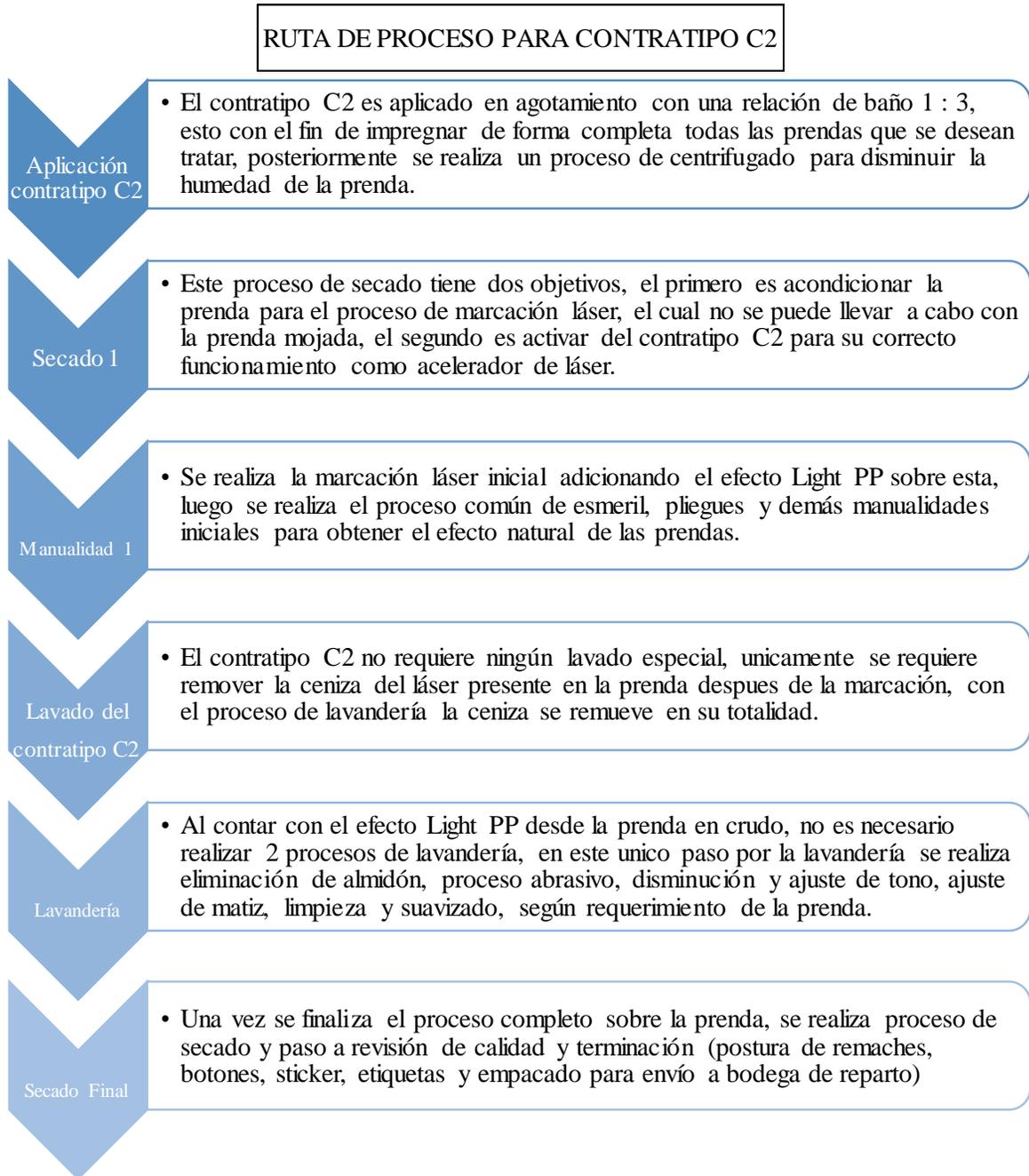
Ruta de proceso genérica para aplicación de Contratipo C1



Nota: Ruta de proceso a seguir para realizar el ensayo del contratipo C1

Figura 33

Ruta de proceso genérica para aplicación del contratipo C2



Nota: Ruta de proceso a seguir para realizar el ensayo del contratipo C2

12. ENSAYOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Una vez se han establecido los parámetros apropiados para los contratipos y las rutas de proceso necesarias para cada contratipo, se procede a llevar a cabo los diferentes ensayos analizando cada contratipo de forma independiente a los demás y en comparación únicamente con el permanganato de potasio, para realizar esta etapa se utilizan diferentes prendas suministradas por la EMPRESA TEXTIL.

Los ensayos son realizados a nivel de laboratorio, debido a los riesgos que se pueden presentar al realizar escalamiento a producción, una vez desarrolladas las rutas de proceso para cada contratipo, se observan los resultados finales de la prenda en comparación con los resultados obtenidos con permanganato de potasio.

12.1. Contratipo A

Al momento de realizar los ensayos correspondientes al contratipo A, los analistas de laboratorio informan que en años anteriores se intentó utilizar como reemplazo para el permanganato de potasio y al realizar los ensayos a nivel de planta y exponer a los operarios manuales en un tiempo de más de 3 horas aplicando el producto presentaron irritación cutánea y en alguna dificultad respiratoria.

Se valida con el técnico del proveedor, quien indica que los síntomas presentados son debido a las trazas de peróxido de hidrogeno orgánico presentes en el producto. Debido a este precedente, se realiza una encuesta a las personas que conocieron el producto en el momento del ensayo en años anteriores, para definir si es viable repetirlo.

Figura 34

Encuesta 1: reacciones presentadas al utilizar el contratipo A

ENCUESTA DE REACCIONES AL CONTRATIPO A			
Encuestado			
Lo usé: _____		Vi a otra persona usarlo: _____	
Indique su experiencia al utilizar el CONTRATIPO A como reemplazo del permanganato de potasio en aplicación por aerografía. Califique las molestias presentadas de 1 a 3, siendo 1 nada molesto y 3 muy molesto.			
Pregunta	1	2	3
1 ¿Presentó molestias oculares al usar el contratipo A?			
2 ¿Presentó molestias cutáneas al usar el contratipo A?			
3 ¿Presentó molestias en vías respiratorias al usar el contratipo A?			
4 ¿Cuánto fue su incomodidad al usar el contratipo A?			

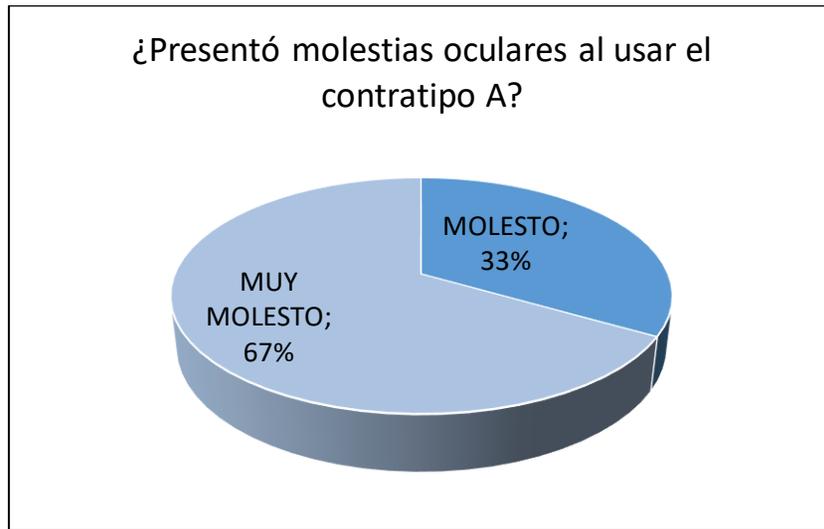
Puntuación 1, nada molesto: no presento ningún tipo de dificultad con el uso del producto en vías respiratorias, oculares o cutáneas, como por ejemplo dificultad para respirar, irritación en los ojos y/o irritación o quemaduras sobre la piel.

Puntuación 2, molesto: presentó leve dificultad con el uso del producto en vías respiratorias, oculares o cutáneas, como por ejemplo sensación de asfixia, irritación en los ojos y/o irritación o quemaduras sobre la piel.

Puntuación 3: muy molesto: presentó sensación de asfixia, irritación ocular y/o irritación o quemaduras leves sobre la piel.

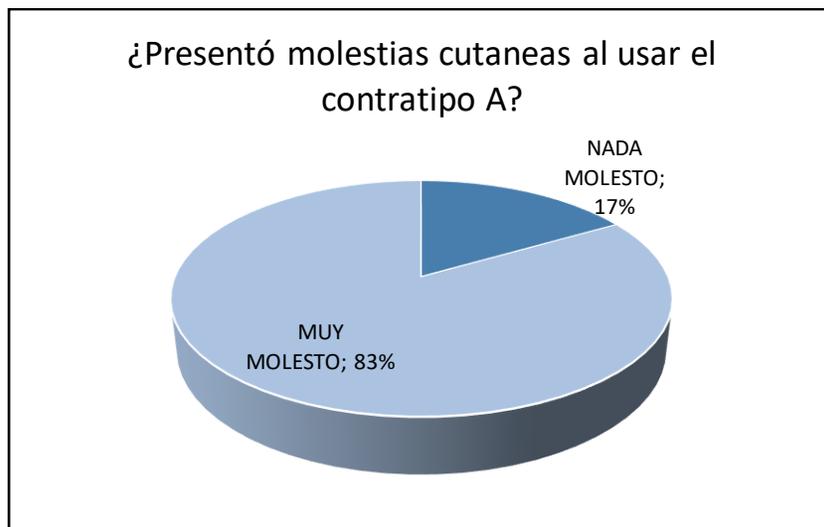
La encuesta es realizada a dos analistas de laboratorio, dos supervisores de producción, el supervisor de laboratorio y un operario manual, todos usaron o vieron a otros usar el producto, con un total de seis encuestados, debido a que la mayoría de las personas involucradas en el momento de ensayar el producto en el año 2019 ya no se encuentran trabajando en la empresa, los resultados de la encuesta son los siguientes:

Figura 35
Respuestas a la pregunta 1 de la encuesta 1



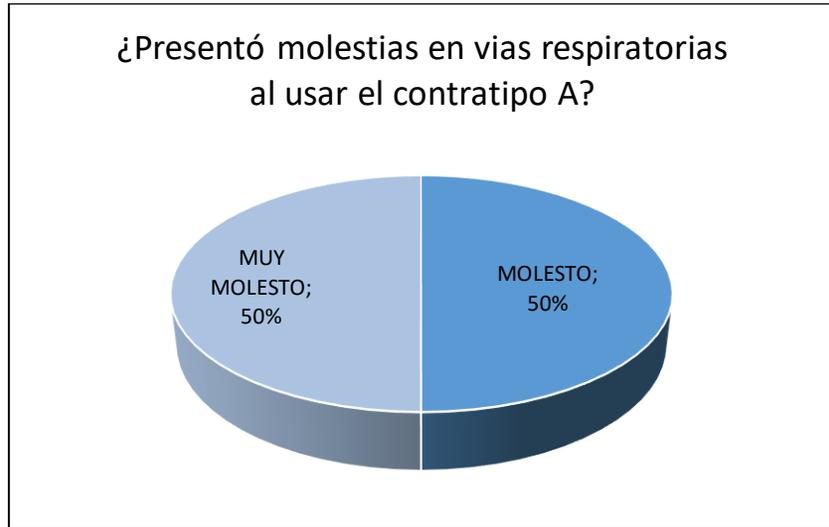
Nota: compilación de respuestas recibidas.

Figura 36
Respuestas a la pregunta 2 de la encuesta 1



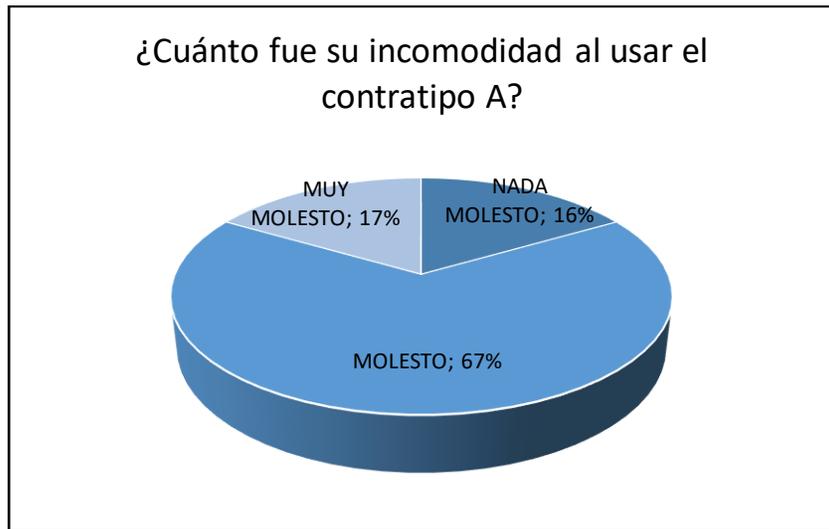
Nota: compilación de respuestas recibidas.

Figura 37
Respuestas a la pregunta 3 de la encuesta 1



Nota: compilación de respuestas recibidas

Figura 38
Respuestas a la Pregunta 4 de la encuesta 1



Nota: compilación de respuestas recibidas

Con base en los resultados obtenidos en la encuesta 1, se logra establecer que el uso del contratipo A genera diversas molestias para los operarios encargados de la aplicación, el más afectado por estos efectos es el operario que utilizó el producto a nivel de producción por tiempos prolongados, indica que al finalizar el turno laboral, presentaba sarpullido en las zonas donde la

piel quedaba expuesta y que se debían realizar pausas de manera periódica debido a la dificultad respiratoria y visual que se presentaba.

Figura 39

Encuesta 2: características del contratipo A

Encuesta respecto a características del contratipo A			
Pregunta	SI	NO	NS/NR
1 ¿El contratipo A tiene un olor particular?			
2 ¿Debía tomar precauciones adicionales para usar el contratipo A?			
3 ¿Las prendas trabajadas presentaron novedades de calidad?			
4 ¿Las prendas trabajadas presentaron novedades en su aspecto?			

Pregunta 1. El contratipo presenta un olor ácido, fuerte y una vez utilizado en un tiempo de 1 hora, se presenta sensación amarga en la garganta del operario.

Pregunta 2. Los operarios involucrados requerían cubrir totalmente la piel, debido a que la piel expuesta presenta irritación después de utilizar el producto alrededor de 2 horas.

Pregunta 3. Las prendas donde se utilizó el producto presentaron pérdidas de resistencia y reviente de elastómero.

Pregunta 4. El matiz obtenido al utilizar el producto es grisáceo, generando una apariencia que difiere del concepto de venta de la EMPRESA TEXTIL.

Esta segunda encuesta tiene como objetivo conocer algunas generalidades del uso del producto, las personas encuestadas son el mismo grupo de la encuesta 1. Se presentan los siguientes resultados:

Figura 40

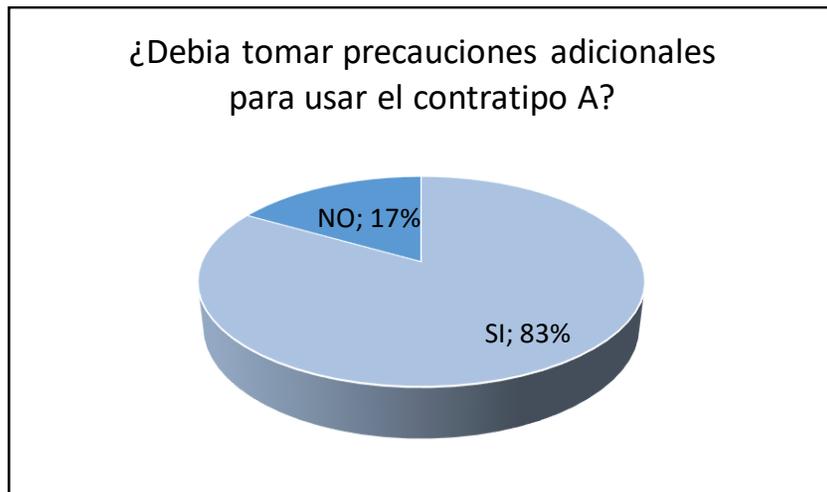
Respuestas a la pregunta 1 de la encuesta 2



Nota: Compilación de respuestas recibidas

Figura 41

Respuestas a la pregunta 2 de la encuesta 2



Nota: compilación de respuestas recibidas

Figura 42
Respuestas a la pregunta 3 de la encuesta 2



Nota: compilación de respuestas recibidas.

Figura 43
Respuestas a la pregunta 4 de la encuesta 2



Nota: compilación de respuestas recibidas

Con base en las características de la sustancia, las personas involucradas indican que hubo pérdida de resistencia en las prendas donde se aplicaba el producto, reviente de elastómero e inconvenientes generales con el contratipo. Se generaba una dificultad de uso en la planta, disminuyendo la eficiencia de esta debido a las pausas necesarias para los operarios, estas de 15 minutos cada 1.5 horas, lo que se representa en 5 pausas (75 minutos) aproximadamente por turno de 8 horas.

Para utilizar el producto el proveedor realizó la recomendación de eliminar completamente los restos de permanganato de potasio en el sistema, debido a que el contacto entre las dos sustancias puede ocasionar incendios.

Debido a las características, composición y dificultades del contratipo A, existe un riesgo latente contra la salud de los operarios que aplican el producto por aerografía y contra la integridad de la planta en general, por estos motivos, se toma la decisión de no realizar los ensayos correspondientes al contratipo A y es descartado como posible reemplazo del permanganato de potasio.

12.2. Contratipo B

Se desarrollan los ensayos, siguiendo las rutas de proceso y parámetros establecidos para este contratipo, se realiza el ensayo sobre 2 tipos de tejidos, un pantalón de fit Boy Friend (figura 41), en tela de composición 100% algodón y un pantalón de fit Slim (figura 42), en tela de composición 97% algodón – 3% elastómero.

Para cada uno de los tipos de tejidos se realizan 4 réplicas, obteniendo un total de 8 unidades ensayadas, esto permite conocer la reproducibilidad del proceso bajo los parámetros establecidos de uso.

Figura 44

Resultado de contratipo B sobre tejido 100% algodón



Nota: Imagen comparativa entre el permanganato de potasio y el contratipo B

Figura 45

Resultado de contratipo B sobre tejido 97% algodón - 3% elastómero



Nota: Imagen comparativa entre el permanganato de potasio y el contratipo B

12.2.1. Costos del proceso

El desarrollo de los costos de proceso se realiza considerando las tarifas y eficiencias de la planta, tiempo de proceso por unidad y costo del consumo de químicos por unidad.

Para realizar los costos, se asumirá el proceso como si se realizara en planta debido a que las cargas afectan en el costo de la prenda y las relaciones de baño son diferentes en el laboratorio, bajo esta explicación, se realiza el costo con los siguientes datos:

- Datos del producto

Precio por kg del contratipo B: \$ 34.600

Consumo de solución por unidad: 32 g

- Datos del proceso

Tiempo del proceso de aerografía: 12 segundos de aplicación + 15 segundos de acomodación, total = 0.45 minutos por prenda.

Prendas por hora = 133 unidades por 1 operario manual

Peso de la prenda: 0.6 kg

Unidades de carga para el proceso de lavado: 284 prendas

Tiempo de proceso de lavado: 35 minutos = 0.123 minutos por prenda

- Datos estándar de producción.

Carga para proceso de lavado: 170 kg

Eficiencia de aerografía: 75%

Eficiencia de lavado: 83%

Eficiencia de manualidad: 75%

Para los costos del proceso, se tomarán los tiempos aislados del proceso y su lavado, los demás procesos de lavandería, manualidad y secado se suman en un tiempo totalizado por los procesos realizados, de la misma forma el costo de los químicos se realizará en un total exceptuando el costo del contratipo B y el agente reductor, esta información se encuentra detalladamente en el anexo 4.

Tabla 7

Comparativo de costos entre permanganato de potasio y Contratipo B para tela 100% algodón

COMPARATIVO DE COSTOS		
	<i>KMnO₄</i>	Contratipo B
PROCESO	\$ 513,94	\$ 571,87
TOTAL	\$ 4.423,31	\$ 4.481,25

Tabla 8

Comparativo de costos entre permanganato de potasio y Contratipo B para tela 97% algodón - 3% elastómero

COMPARATIVO DE COSTOS		
	<i>KMnO₄</i>	Contratipo B
PROCESO	\$ 542,58	\$ 608,04
TOTAL	\$ 4.950,12	\$ 5.015,58

Para el contratipo B, se puede observar una buena apariencia en cuanto al look de la prenda, no se presentó pérdida de resistencia, el proceso de reducción requirió de la misma concentración de agente reductor y del mismo tiempo de proceso para obtener la limpieza requerida, sin embargo, se observa un matiz azulado causado por la redeposición del índigo en la zona, este matiz es más notable en el tono oscuro.

El costo del proceso del contratipo B mayor al costo con permanganato de potasio en una diferencia promedio de \$ 62.8, esto debido a que se requiere mayor intensidad de aplicación en el contratipo B para obtener el grado de blanco de los usados, los que genera un incremento en el tiempo de aplicación.

El costo de proceso varía entre la tela 100% algodón y la tela con contenido de elastómero, principalmente debido al tono de las prendas, para llegar a obtener un efecto de usado visible en un tono claro, se requiere mayor cantidad de producto que para un tono oscuro.

12.3. Contratipo C1

Para el contratipo C1, se realiza el ensayo sobre 2 tipos de tejidos, tela de composición 100% algodón y tela de composición 97% algodón – 3% elastómero. Este contratipo es una mezcla de 2 procesos, el primero de ellos es una sustancia química que permite potencializar una fuente térmica, el segundo es un láser, que genera un marcaje orientado para el diseño de formas y efectos de usados.

En este proceso se tomó el tiempo de marcaje de láser sin el uso del acelerador, como un comparativo para observar las mejoras que se representan en tiempo, el marcaje de láser con efecto químico sin acelerador se encuentra en un promedio de 1.7 minutos, mientras que, al realizar el marcaje con acelerador láser aplicado previamente sobre la prenda, el tiempo se reduce hasta un 40%, lo que contribuye a disminuir el costo del proceso y así mismo incrementa la productividad.

Se realizan 4 réplicas para cada tejido, con el fin de conocer la reproducibilidad del proceso bajo los parámetros estandarizados.

Sin embargo, se agrega un paso adicional para la aplicación del acelerador de láser y se presentan variaciones en el aspecto final de la prenda, como se muestra a continuación.

Figura 46

Resultado de contratipo C1 sobre tejido 100% algodón



Nota: Imagen comparativa entre el permanganato de potasio y el contratipo C1

Figura 47

Resultado de contratipo C1 sobre tejido 97% algodón - 3% Elastómero



Nota: Imagen comparativa entre el permanganato de potasio y el contratipo C1

12.3.1. Costos del proceso.

Para la realización de los costos, se asume que el proceso es realizado en planta, se consideran 2 tipos de carga, la cantidad de carga para un agotamiento y la cantidad de carga para un proceso de aspersión.

- Datos del producto
Precio por kg del contratipo C1: \$ 17.200
Precio por kg del auxiliar dispersante: \$ 12.250
Consumo de solución por unidad: 0,6 g
- Datos del proceso
Peso de la prenda: 0.6 kg
Unidades de carga para el proceso de lavado: 284 prendas
Tiempo de proceso de lavado: 20 minutos = 0.07 minutos por prenda
Unidades de carga para el proceso de aspersión: 234 prendas
Tiempo del proceso de aspersión: 20 minutos = 0.09 minutos por prenda.
Tiempo de marcaje por unidad = 0,68 minutos
Prendas por hora = 88 unidades
- Datos estándar de producción.
Carga para proceso de lavado: 170 kg
Carga para proceso de aspersión: 140 kg
Eficiencia de lavado: 83%
Eficiencia de láser: 80%

Siguiendo la metodología explicada en el contratipo B para el desarrollo de los costos, se obtienen los siguientes resultados. Esta información se encuentra detalladamente en el anexo 4.

Tabla 9
Comparativo de costos entre permanganato de potasio y Contratipo C1 para tela 100% algodón

COMPARATIVO DE COSTOS		
	KMnO4	Contratipo C1
PROCESO	\$ 506,21	\$ 1.795,64
TOTAL	\$ 3.741,77	\$ 4.128,82

Tabla 10

Comparativo de costos entre permanganato de potasio y Contratipo C1 para tela 97% algodón – 3% elastómero

COMPARATIVO DE COSTOS		
	KMnO4	Contratipo C1
PROCESO	\$ 506,21	\$ 1.921,61
TOTAL	\$ 3.884,84	\$ 4.397,86

Una vez se desarrollan los costos del proceso, se logran observar diferencias importantes en diferentes aspectos, el primero de ellos es que la diferencia de costo entre el proceso con permanganato de potasio y el costo del proceso del contratipo C1 es representativa, alrededor de \$ 1.400 por unidad. Esto es causado por el tiempo de aspersion y la restricción que carga que este proceso representa.

Sin embargo, este contratipo aporta ventajas en el proceso, por ejemplo, se reduce 1 secado del proceso, lo que representa alrededor de 1 hora menos, elimina el uso del permanganato de potasio y mejora la eficiencia del marcaje de láser.

En cuanto a la apariencia final, se observa mejor funcionamiento en las prendas con tela 100% algodón, para las telas con elastómero el efecto presenta una apariencia cortada y poco natural.

12.4. Contratipo C2

El acelerador de láser utilizado en el contratipo C2, presenta muchas cualidades en la disminución de tiempo del marcaje láser, pues se puede obtener un porcentaje del 60% menos en tiempo de marcaje, sin embargo, debido al método de aplicación y las concentraciones de producto requeridas, no se observa una mejora significativa en el proceso.

Se realizan 4 réplicas para el contratipo C2 en cada tejido, que permiten obtener los tiempos promedio de marcaje y observar la reproducibilidad del proceso bajo los parámetros establecidos, así mismo se observa que la pérdida de resistencia se da en las 4 unidades con la composición presentada en la figura 46.

Figura 48

Resultado de contratipo C2 sobre tejido 70% algodón - 27% poliéster - 3% elastómero



Nota: Imagen comparativa entre el permanganato de potasio y el contratipo C2

Al utilizar el contratipo C2 en tejidos con composición de algodón y elastómero, se presenta pérdida de resistencia en los usados frontales, incluso cuando se disminuyen las intensidades de marcación. Esta pérdida de resistencia se atribuye al acelerador de láser, debido a que, al optimizar la fuente térmica utilizada por el láser, es posible que las intensidades más bajas, sean demasiado fuertes para algunos tejidos.

Figura 49

*Perdida de resistencia para tejido 98% algodón
- 2% elastómero al utilizar el contratipo C2*



Nota: evidencia de perdida de resistencia ante el uso del contratipo C2

12.4.1. Costos de proceso

El proceso de agotamiento con relación de baño tiene 2 maneras de realizar la formulación del producto, en porcentaje se calcula en base al peso de la carga o de la prenda, en gramos por litro se calcula en base a la cantidad de agua presente en la máquina. Esta segunda manera es la que representa mayor costo.

A continuación, se describen los parámetros a considerar para el costo del proceso:

- Datos del producto
Precio por kg del contratipo C2: \$ 47.478,05
Relación de baño para el cálculo: 1 : 3
- Datos del proceso
Peso de la prenda: 0.6 kg
Unidades de carga para el proceso de lavado: 284 prendas
Tiempo de proceso de lavado con el acelerador: 10 minutos = 0.042 minutos por prenda
Tiempo del proceso de lavado posterior: 20 minutos = 0.07 minutos por prenda.
- Datos estándar de producción.

Carga para proceso de lavado: 170 kg

Eficiencia de lavado: 83%

Siguiendo la metodología explicada para el contratipo B, el costo se encuentra detalladamente en el anexo 4 y es el siguiente:

Tabla 11

Comparativo de costos entre permanganato de potasio y Contratipo C1 para tela 70% algodón - 27% poliéster – 3% elastómero

COMPARATIVO DE COSTOS		
	KMnO4	Contratipo C2
PROCESO	\$ 506,21	\$ 5.813,15
TOTAL	\$ 3.741,77	\$ 8.371,84

El consumo de producto para el contratipo C2 es de aproximadamente 90 g por prenda, motivo por el cual el costo es significativamente mayor a los contratipos anteriores, el valor podría verse disminuido si el producto se aplicara por aspersión o aerografía, sin embargo, el proveedor no recomienda utilizar estos métodos de aplicación, por falta de desarrollos al respecto.

Debido a la mejora evidente obtenida en el marcaje de láser, se recomienda continuar realizando ensayos con este contratipo en otros métodos de aplicación para disminuir el costo del proceso.

12.5. Costos formula de contratipos.

El costo formula de un producto, nos da una vista comparativa de la viabilidad económica que este pueda tener, en el caso de la EMPRESA TEXTIL, el costo formula es el valor que tiene un producto por prenda y se calcula dependiendo del peso de la prenda, el método de aplicación del producto y el precio de este.

Para la realización de los costos formula, primero se determina el método de aplicación y con esto la forma de preparar el producto, después se calcula la cantidad de producto que se requiere para una prenda de un peso determinado y, conociendo el precio del producto, se multiplica por la cantidad gasta por prenda, obteniendo finalmente el costo formula que se requiere para el proceso.

En el caso de los productos que requieren ser aplicados en acompañamiento con un auxiliar, el costo formula considera el precio de ambos productos utilizados, de la siguiente manera:

$$C = \frac{(GP * CP)}{1000 L} \quad 20$$

$$CF = C * (P/1000 g) \quad 21$$

Donde:

C = consumo del producto (g)

GP = gasto de solución (ml)

CP = concentración del producto (g/L)

CF = costo formula del producto (\$)

P = precio del producto (\$/kg)

De esta forma tenemos los costos formula de los contratipos seleccionados.

Tabla 12

Costo formula de contratipos para el permanganato de potasio

Producto	Precio/kg	Consumo prenda	Costo formula
Permanganato de potasio	\$ 37.000,00	1	\$ 37,95
Ácido acético	\$ 9.450,00	0,1	
Contratipo B	\$ 34.100,00	1,2	\$ 40,92
Contratipo C1	\$ 17.200,00	9	\$ 198,90
Auxiliar dispersante	\$ 12.250,00	3,6	
Contratipo C2	\$ 47.478,05	90	\$ 4.273.02

El consumo del producto es parte fundamental para el costo formula, como se puede observar en la tabla anterior, algunos de los contratipos son más económicos que el permanganato de potasio, sin embargo, el método de aplicación y el consumo de cada uno de ellos genera que el costo formula sea elevado.

13. PANEL SENSORIAL Y RUBRICA DE EVALUACIÓN

Una vez realizado el proceso de ensayos completos, es necesario validar con el cliente interno si los diferentes parámetros que determinan si la prenda es comercial y funcional, cumplen o no con lo requerido, por este motivo, se realiza una reunión con las personas encargadas de la aprobación de muestras y con las personas con conocimiento técnico de la planta.

En la reunión se siguen los siguientes pasos:

- Se expone la problemática presentada por el permanganato de potasio a nivel de salud, medio ambiental y legal, informando desde un punto de vista técnico la necesidad de obtener un reemplazo.
- Se describen los contratipos elegidos y su funcionamiento, así como las ventajas y desventajas de cada uno.
- Se explican los parámetros técnicos del proceso, con las posibles dificultades que se pueden presentar durante este.
- Se enseñan los lavados realizados sobre prenda, con costos y su comparativo con permanganato de potasio.
- Se entrega la encuesta a cada persona del equipo, quien define su punto de vista y da una calificación entre 1 y 5 de cada contratipo en los aspectos a considerar.

La encuesta realizada al cliente interno tiene como objetivo establecer cuál es el contratipo más comercial en cuanto a la apariencia, si bien se solicita tener en cuenta los aspectos explicados durante la reunión, el área encargada tiene la tarea de evaluar objetivamente el mejor look del proceso.

Bajo esta premisa, la introducción a la encuesta entregada a los evaluadores es la siguiente: “El siguiente panel sensorial tiene como objetivo conocer su evaluación visual a las prendas con cada contratipo del permanganato de potasio. Lea cada punto a evaluar y califique de 1 a 5, siendo 1 = No cumple con Look y 5 = Cumple completamente con el look de la EMPRESA TEXTIL.”

Nivel 1. El usado no presenta apariencia natural, no genera el destape a blanco, se ve cortado en los bordes del usado, presenta manchas y/o amarillamiento, presenta perdida de resistencia y el matiz y brillo no son adecuados para el look solicitado.

Nivel 3. El usado presenta leve apariencia natural, no genera el destape a blanco requerido, se ve cortado en los bordes del usado, presenta manchas y/o amarillamientos leves, presenta

reviente de elastómero o deslizamiento, sin rotura al esfuerzo y el matiz y brillo no son adecuados para el look solicitado.

Nivel 5. El usado presenta apariencia natural, genera el destape a blanco requerido, no se ve cortado en los bordes del usado, no presenta manchas y/o amarillamientos leves, no presenta reviente de elastómero o deslizamiento, no presenta pérdida de resistencia y el matiz y brillo son adecuados para el look solicitado.

Figura 50

Encuesta panel sensorial para cliente interno

PANEL SENSORIAL DEL CONTRATIPO					
Persona encuestada					
Pregunta	1	2	3	4	5
El efecto localizado del usado tiene una apariencia natural					
El nivel de blanco del usado es el solicitado por el cliente interno					
El usado no se ve cortado, por el contrario, presenta difuminado					
La limpieza de la zona de aplicación es óptima, no presenta amarillamiento, ni manchas					
La resistencia de la tela en la zona de aplicación de los productos es óptima y cumple estándares de calidad					
El matiz y el brillo del usado son adecuados para la prenda evaluada					

Nota: Lea cada punto a evaluar y califique de 1 a 5, siendo 1 = No cumple con Look y 5 = Cumple completamente

Además del cliente interno, se realiza la encuesta a las personas con el conocimiento técnico de la planta de producción de la EMPRESA TEXTIL, estos son: la jefe de línea jean y el gerente de planta jean. Al igual que al cliente interno, se les exponen los diferentes puntos para tener en cuenta y se les entrega la encuesta a realizar, esta tiene unas preguntas adicionales.

Figura 51

Encuesta de panel sensorial para jefatura de producción

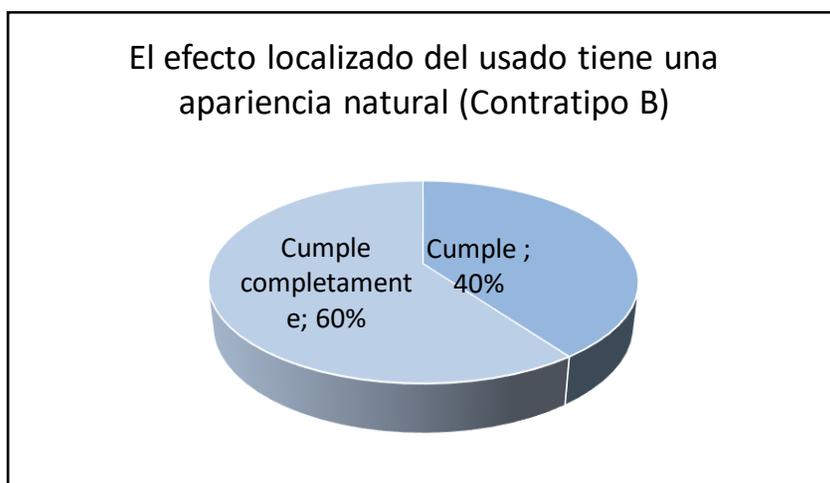
PANEL SENSORIAL DEL CONTRATIPO					
Persona encuestada					
Pregunta	1	2	3	4	5
El efecto localizado del usado tiene una apariencia natural.					
El nivel de blanco del usado es el solicitado por el cliente interno.					
El usado no se ve cortado, por el contrario, presenta difuminado.					
La limpieza de la zona de aplicación es óptima, no presenta amarillamiento, ni manchas.					
La resistencia de la tela en la zona de aplicación de los productos es óptima y cumple estándares de calidad.					
El matiz y el brillo del usado son adecuados para la prenda evaluada.					
El costo formula del producto es competente para el uso que se requiere.					
Cree usted que al usar este contratipo se genera una mejora medio ambiental (efluentes, emisiones aéreas...).					
Cree usted que al usar este contratipo se genera una mejora a la salud de los operarios.					
La disponibilidad del producto y la adquisición de este facilita su uso en la planta.					
El proceso realizado contribuye a la disminución de etapas en producción sin afectar la apariencia final.					

Nota: Lea cada punto a evaluar y califique de 1 a 5, siendo 1 = No cumple con Look y 5 = Cumple completamente

13.1. Respuestas al panel sensorial para el contratipo B.

Figura 52

Grafica de respuestas al punto 1 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B

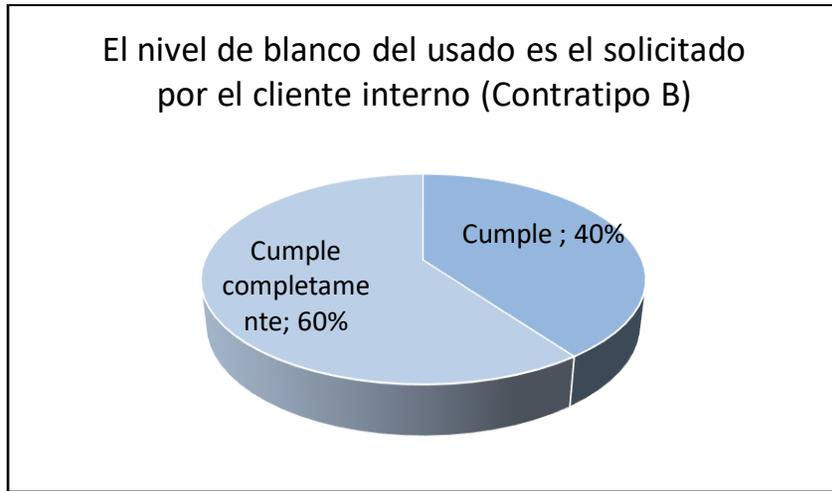


Nota: Compilación de respuestas recibidas

El contratipo B presenta un aspecto natural en los usados de la prenda, no se requieren realizar ajustes con uso de pigmentos para mejorar la apariencia, es muy similar a la del permanganato de potasio usado actualmente y, por ende, es un buen contratipo.

Figura 53

Grafica de respuestas al punto 2 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B

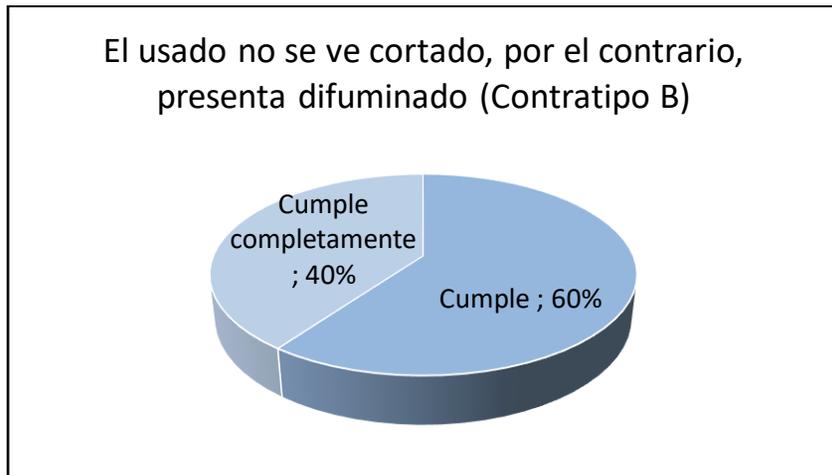


Nota: Compilación de respuestas recibidas

El nivel de blanco generado por el contratipo B es muy similar al obtenido con permanganato de potasio, sin embargo, se observa un matiz azulado sobre la prenda a causa de la redeposición de índigo.

Figura 54

Grafica de respuestas al punto 3 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B

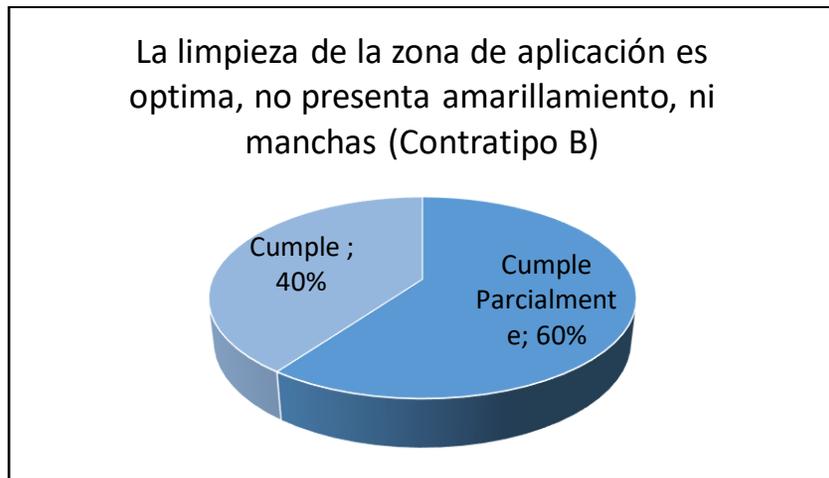


Nota: Compilación de respuestas recibidas

El difuminado lateral del usado es natural, dando el efecto de desgaste solicitado por el cliente interno y de forma muy similar al permanganato de potasio. No se ve fuerte o con intensidad mayor a la requerida en ninguno de los tonos.

Figura 55

Grafica de respuestas al punto 4 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B

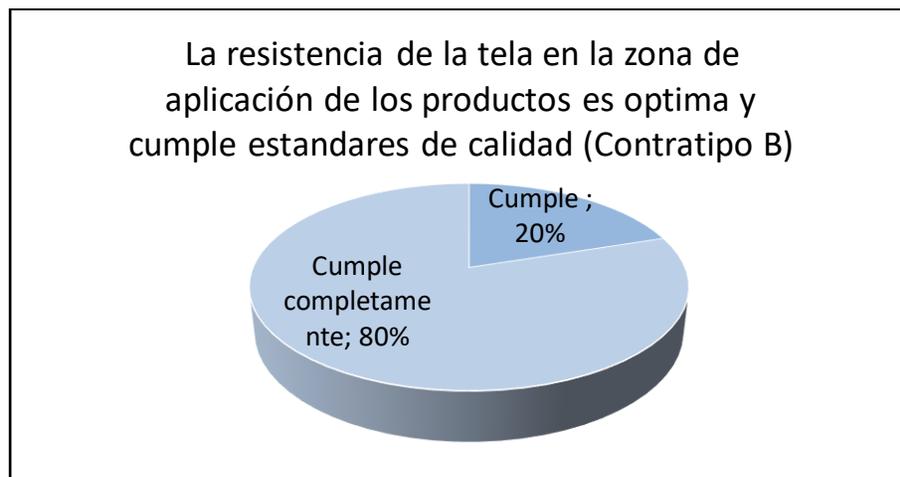


Nota: Compilación de respuestas recibidas

Se observa un matiz azul sobre el usado y el tono claro conserva un leve matiz amarillo, lo que significa que se requiere el uso de un producto adicional con el agente reductor para obtener la limpieza optima requerida.

Figura 56

Grafica de respuestas al punto 5 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B



Nota: compilación de respuestas recibidas

Se realiza la prueba de calidad de forma manual por cada uno de los encuestados y no se observa pérdida de resistencia para ninguno de los 2 tejidos y tonos evaluados, en el tejido con contenido de elastómero se tiende a presentar un leve reviente al realizar esfuerzo, sin embargo, no se considera relevante.

Figura 57

Grafica de respuestas al punto 6 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo B



Nota: compilación de respuestas recibidas.

El brillo de la prenda, la limpieza y el matiz, dan un aspecto diferente al obtenido con permanganato de potasio, sin embargo, el cliente interno considera que el look es funcional para la EMPRESA TEXTIL, se pueden realizar lavados adicionales para variar las características necesarias.

Para las respuestas del gerente de producción y la jefe de línea a los puntos técnicos que requieren evaluación, se muestran los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 13

Valoraciones técnicas para el contratipo B

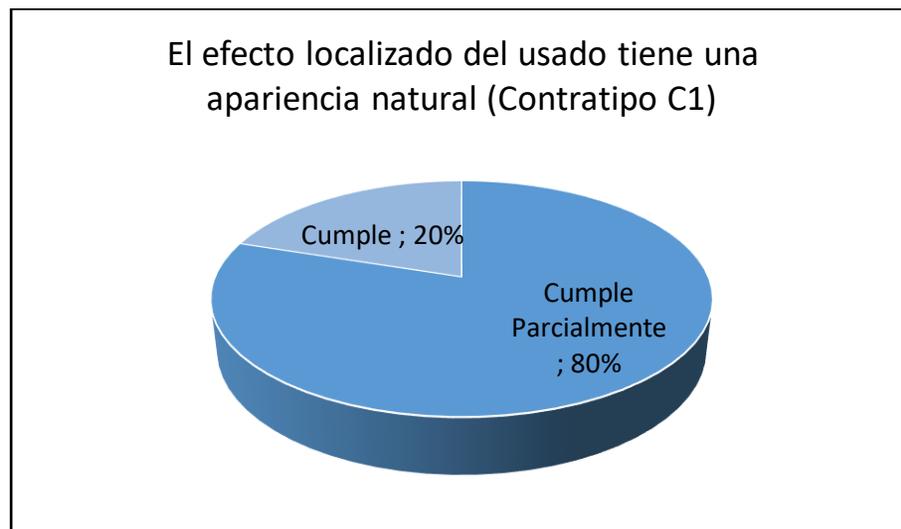
Punto para evaluar	CONTRATIPO B	
	Puntuación	
	Jefe de línea	Gerente de producción
El costo formula del producto es competente para el uso que se requiere.	5	5
Cree usted que al usar este contratipo se genera una mejora medio ambiental (efluentes, emisiones aéreas...).	1	1
Cree usted que al usar este contratipo se genera una mejora a la salud de los operarios.	1	1
La disponibilidad del producto y la adquisición de este facilita su uso en la planta.	4	5
El proceso realizado contribuye a la disminución de etapas en producción sin afectar la apariencia final.	1	1

Según las puntuaciones obtenidas desde el punto de vista técnico, se establece que el contratipo B no ofrece mejoras significativas al proceso, no hay disminución de etapas de lavandería, ni mejoras de tipo medioambiental o a la salud de los operarios. Tampoco se observa mejora en el costo del proceso, ni en el costo formula del producto.

13.2. Respuestas al panel sensorial para el contratipo C1

Figura 58

Grafica de respuestas al punto 1 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C1

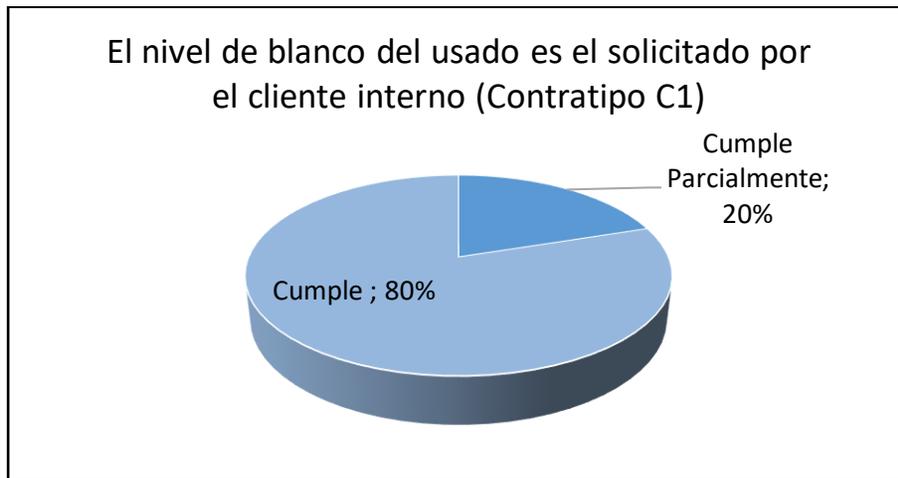


Nota: Compilación de respuestas recibidas

El efecto de usado con el contratipo C1 presenta poca naturalidad, especialmente en el tejido que contiene elastómero, con una apariencia de alta intensidad, no propia del look de la EMPRESA TEXTIL.

Figura 59

Grafica de respuestas al punto 2 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C1

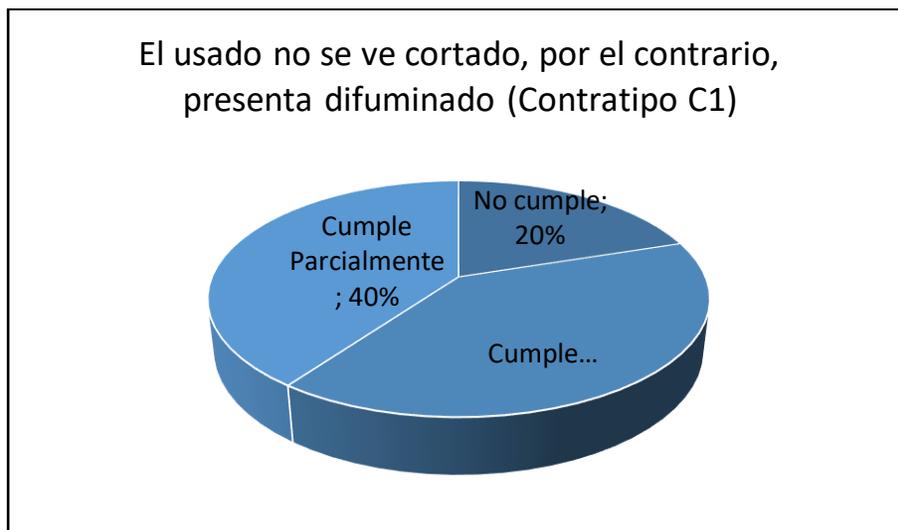


Nota: Compilación de respuestas recibidas

El contratipo C1 mejora el nivel de blanco presentado por la prenda, dando una apariencia iluminada a la misma, sin embargo, este nivel de blanco genera contrastes muy fuertes con la base de tono de la prenda.

Figura 60

Grafica de respuestas al punto 3 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C1

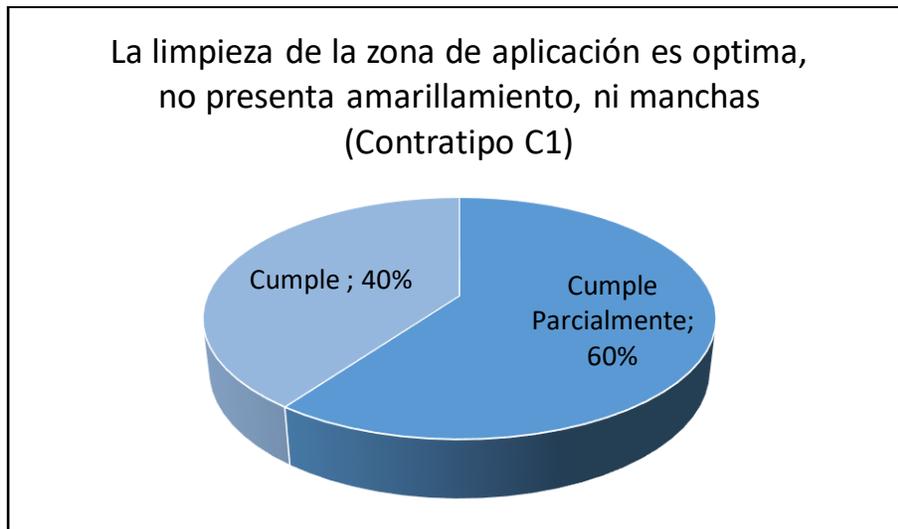


Nota: Compilación de respuestas recibidas

El usado no presenta el difuminado característico buscado comúnmente, se observa una apariencia postiza con un corte marcado en los bordes de este, siendo más notorio en la tela con contenido de elastómero.

Figura 61

*Grafica de respuestas al punto 4 de la encuesta de panel sensorial;
Contratipo C1*

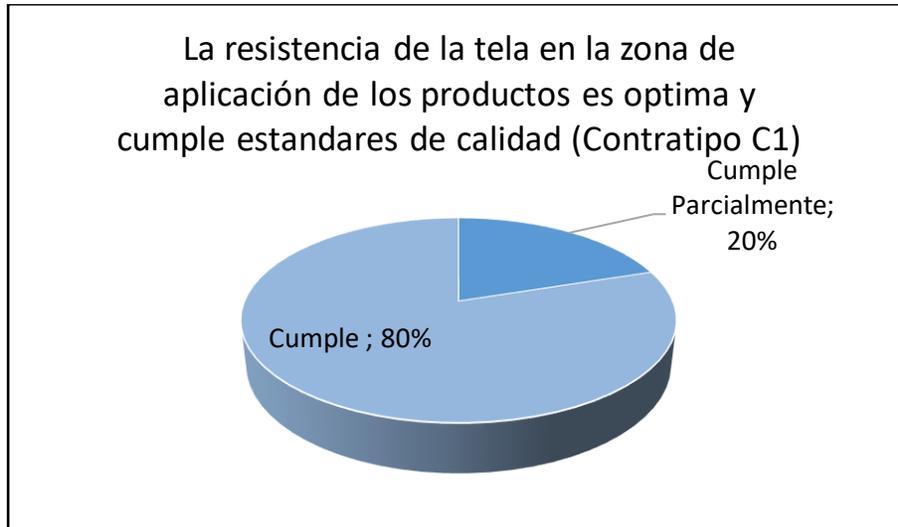


Nota: Compilación de respuestas recibidas

La limpieza de los usados es óptima, no se observa redeposición de índigo ni matiz amarillo sobre el usado, sin embargo, en algunas partes del usado se ven manchas leves, se atribuye a que el proceso de aplicación por aspersion no impregna de forma pareja la prenda, debido a las cargas del proceso, el giro del tambor y el comportamiento de la aspersion. Por ende, los lugares donde se realiza la marcación del láser y tienen mayor cantidad de producto, adoptan una apariencia manchada con mayor intensidad por partes.

Figura 62

Grafica de respuestas al punto 5 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C1

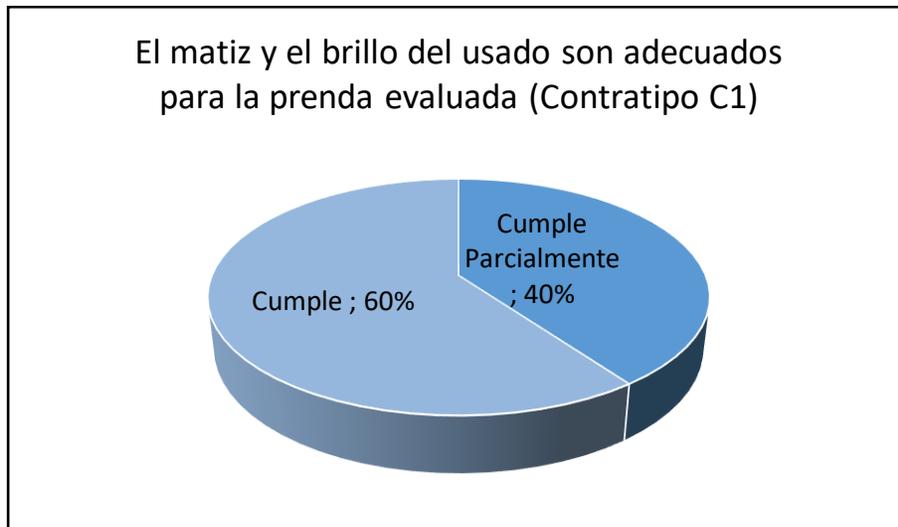


Nota: Compilación de respuestas recibidas

El tejido no presentó pérdida de resistencia al realizar esfuerzo por los encuestados, se tiende a presentar un leve deslizamiento de hilos en el tejido que contiene elastómero, sin embargo, no presenta rasgado o rotura.

Figura 63

Grafica de respuestas al punto 6 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C1



Nota: Compilación de respuestas recibidas

Debido a la limpieza y la intensidad del tono blanco obtenido, se presenta buen brillo sobre la prenda, no se presentan matices en tono azul, amarillo o grisoso, lo cual es favorable para la prenda, sin embargo, el alto contraste de tono azul-blanco da una apariencia poco natural.

Para las respuestas del gerente de producción y la jefe de línea a los puntos técnicos que requieren evaluación, se muestran los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 14
Valoraciones técnicas para el contratipo C1

CONTRATIPO C1		
Punto para evaluar	Puntuación	
	Jefe de línea	Gerente de producción
El costo formula del producto es competente para el uso que se requiere	2	2
Cree usted que al usar este contratipo se genera una mejora medio ambiental (efluentes, emisiones aéreas...)	4	5
Cree usted que al usar este contratipo se genera una mejora a la salud de los operarios	4	4
La disponibilidad del producto y la adquisición de este facilita su uso en la planta	4	3
El proceso realizado contribuye a la disminución de etapas en producción sin afectar la apariencia final	4	3

Desde el punto de vista técnico, el contratipo C1 representa una mejora importante en diferentes aspectos de evaluación, al realizar la aplicación del contratipo C1 y el marcaje de láser y efecto Light PP con la prenda en estado crudo, se obtiene una disminución en el proceso de lavandería teniendo un solo paso de lavado, disminuyendo un secado intermedio, eliminando la aplicación de permanganato de potasio y con esta el proceso de reducción.

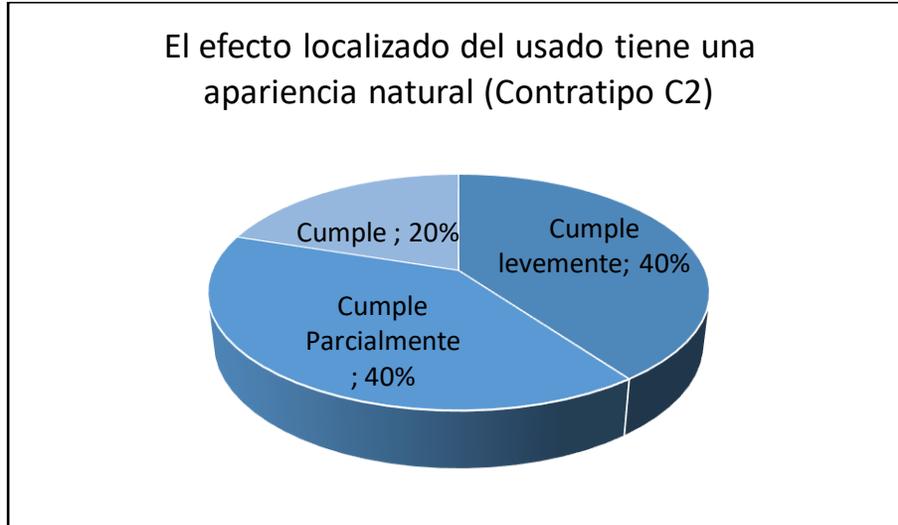
Otras mejoras con un valor importante son la ausencia de manganeso en los efluentes y el aire, generando un proceso más amigable con el medio ambiente y contribuyendo a la mejora de la salud de los operarios al evitar el contacto con el permanganato de potasio.

El costo formula del contratipo C1 es mayor al del permanganato de potasio, sin embargo, esto puede ser contrarrestado por la disminución en el tiempo de proceso.

13.3. Respuestas al panel sensorial para el contratipo C2

Figura 64

Grafica de respuestas al punto 1 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C2

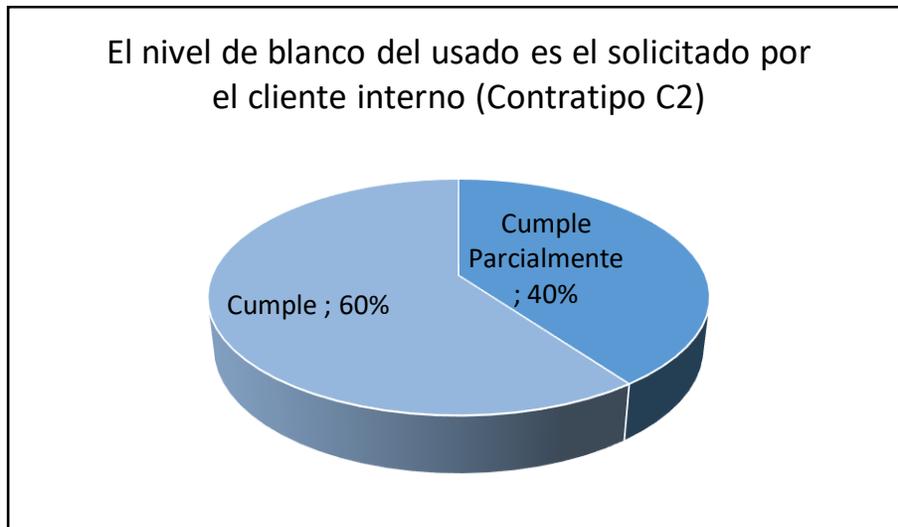


Nota: Compilación de respuestas recibidas

El efecto de usado con el contratipo C2 presenta leve naturalidad en el tejido con contenido de poliéster, sin embargo, en otros tejidos el comportamiento no es reproducible.

Figura 65

Grafica de respuestas al punto 2 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C2

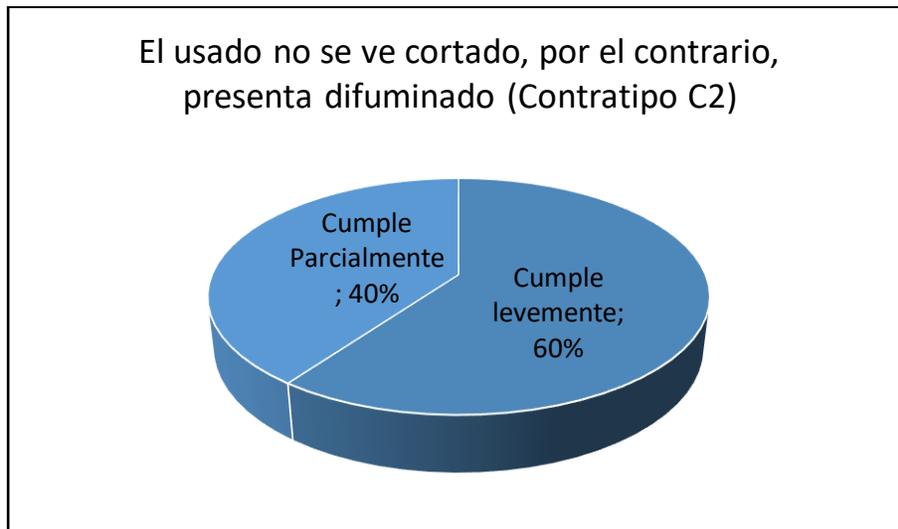


Nota: Compilación de respuestas recibidas

El nivel de blanco con este contratipo es adecuado según lo solicitado por el cliente interno, sin embargo, se presenta una leve redeposición del índigo que evita el destape completo de blanco en la prenda.

Figura 66

Grafica de respuestas al punto 3 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C2

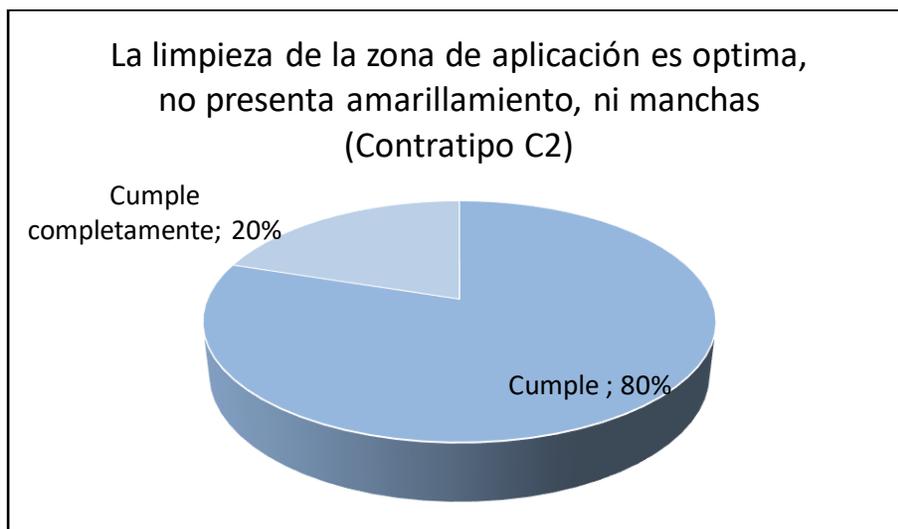


Nota: Compilación de respuestas recibidas

El usado no presenta el difuminado característico buscado comúnmente, se observa una apariencia postiza con un corte marcado en los bordes de este.

Figura 67

Grafica de respuestas al punto 4 de la encuesta de panel sensorial; Contratipo C2

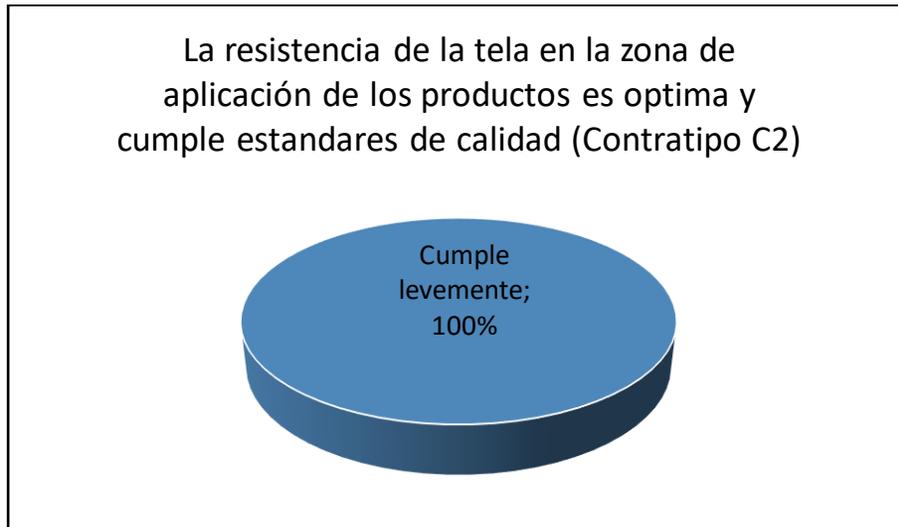


Nota: Compilación de respuestas recibidas

En la zona de marcación, se presenta redeposición del índigo y un leve matiz amarillo, es posible que se requieran lavados adicionales de limpieza para mejorar la apariencia final.

Figura 68

*Grafica de respuestas al punto 5 de la encuesta de panel sensorial;
Contratipo C2*

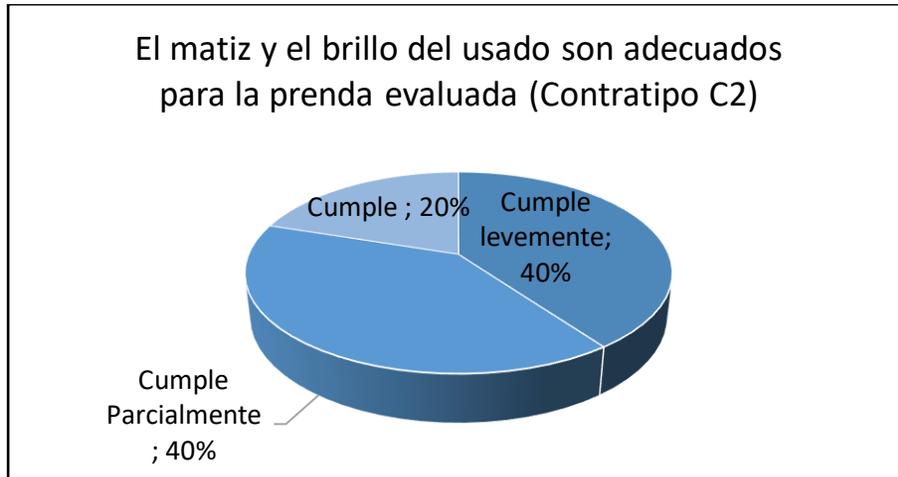


Nota: Compilación de respuestas recibidas

Al realizar esfuerzo manual sobre la zona con marcación de láser, el tejido con contenido de elastómero y algodón cede con facilidad, presentando un rasgado en sentido vertical, es decir, se debilitan los hilos de la trama, en la tela con contenido de poliéster se tiende a presentar deslizamiento y reviente de elastómero al realizar esfuerzo manual.

Figura 69

*Grafica de respuestas al punto 6 de la encuesta de panel sensorial;
Contratipo C2*



Nota: Compilación de respuestas recibidas

El matiz amarillo y azul sobre los usados, opaca el brillo presentado por la prenda, sin embargo, se considera la opción de disminuir estos matices al realizar lavados de limpieza posteriores.

Para las respuestas del gerente de producción y la jefe de línea a los puntos técnicos que requieren evaluación, se muestran los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 15

Valoraciones técnicas para el contratipo C2

Punto para evaluar	Puntuación	
	Jefe de línea	Gerente de producción
El costo formula del producto es competente para el uso que se requiere	1	1
Cree usted que al usar este contratipo se genera una mejora medio ambiental (efluentes, emisiones aéreas...)	3	4
Cree usted que al usar este contratipo se genera una mejora a la salud de los operarios	4	4
La disponibilidad del producto y la adquisición de este facilita su uso en la planta	4	4
El proceso realizado contribuye a la disminución de etapas en producción sin afectar la apariencia final	1	2

En la calificación de los aspectos técnicos, existen dos requisitos determinantes para descartar el uso del producto, el primero es el elevado costo formula de la sustancia, pues se encuentra por encima del límite permitido por parte de los directivos de la EMPRESA TEXTIL, el segundo de ellos es el riesgo de pérdida de resistencia en las bases textiles, pues representaría pérdidas importantes para la empresa si el proceso no es seguro.

Al igual que con el contratipo C1 existen mejoras en el aspecto medioambiental y de la salud de los operarios, al ser aplicado el contratipo en baño presenta una mejora en capacidad de proceso y una impregnación igualada en toda la prenda, por este motivo no se observan manchas sobre las marcaciones.

13.4. Observaciones sobre los contratipos

Durante el proceso de evaluación de los contratipos, se realizaron una serie observaciones tanto del cliente interno como de los evaluadores técnicos respecto a la apariencia obtenida con cada uno de los contratipos presentados y las posibles mejoras en los procesos, las observaciones con mayor relevancia se encuentran plasmadas en las siguientes tablas:

Figura 70

Observaciones adicionales del cliente interno sobre los contratipos evaluados

Observaciones del cliente interno	
Contratipo B	Tiene un comportamiento similar al permanganato de potasio que se utiliza actualmente, tiende a presentar un leve matiz amarillo en algunas telas y el destape de los usados es un poco más grisoso que con el permanganato de potasio, es un buen contratipo para este último.
Contratipo C1	El efecto tiende a verse cortado, se puede corregir mejorando el diseño del láser marcado sobre la prenda, sin embargo, se observan leves manchas un poco más blancas sobre algunas partes del usado.
Contratipo C2	El efecto localizado no presenta un difuminado natural, tiene una apariencia cortada. La resistencia del tejido se ve afectada en las zonas de marcación láser, especialmente para las telas con contenido de elastómero.

Figura 71

Observaciones técnicas adicionales sobre los contratipos evaluados

Observaciones Técnicas	
Contratipo B	Esta sustancia no representa mejoras al proceso, considerando las indicaciones de seguridad y la composición de esta, no se presenta mejora en el ámbito de la salud ni en el medio ambiental, pese a ser más económico, la concentración de uso y las características finales de la prenda, no justifica realizar un cambio a este contratipo.
Contratipo C1	Dependiendo del proceso utilizado, con este contratipo se observa una mejora significativa en el proceso, la lavandería es más corta, ya que si se trabaja la prenda en crudo es posible omitir un secado en el proceso, esto ayuda a contrarrestar el costo formula del producto, con el ahorro de costo en el proceso.
Contratipo C2	Al contrario del contratipo C1, esta sustancia requiere un proceso de secado adicional, el cual es el encargado de activar el producto correctamente, no se observa una buena apariencia final, se presenta perdida de resistencia significativa, el costo formula es inviable, no se considera como una buena opción.

13.5. Rubrica de evaluación

Con el fin de generar una recomendación a la EMPRESA TEXTIL desde un punto de vista técnico y de una manera objetiva, se establece una rubrica con los parámetros de evaluación más críticos para el reemplazo del permanganato de potasio, asignando a cada uno un porcentaje según la importancia que representa, de esta forma los porcentajes son los explicados a continuación.

Tabla 16*Porcentajes de la rúbrica de evaluación*

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE
ASPECTO AMBIENTAL	Se comprueba que contratipo no genera residuos peligrosos para el medio ambiente en los efluentes del proceso. Cumple (5,0) - Medianamente cumple (3,0) - No cumple (1,0)	15%
ASPECTO SALUD	El contratipo no representa riesgos significativos a la salud de los operarios que entran en contacto con este. Cumple (5,0) - Medianamente cumple (3,0) - No cumple (1,0)	25%
ASPECTO PROCESO	El contratipo contribuye al ahorro de secados y lavados del proceso, brindando un buen aspecto final a la prenda. Cumple (5,0) - Medianamente cumple (3,0) - No cumple (1,0)	30%
ASPECTO ECONOMICO	El precio del contratipo y el costo formula con el proceso es favorable para la compañía. Cumple (5,0) - Medianamente cumple (3,0) - No cumple (1,0)	15%
ASPECTO TRANSPORTE	El contratipo es de fácil importación y acceso al mismo, es puesto en la empresa sin incurrir en gastos adicionales de transporte. Cumple (5,0) - Medianamente cumple (3,0) - No cumple (1,0)	15%

Con base en la rúbrica expuesta anteriormente, se califican los diferentes aspectos de los contratipos, con el fin de obtener una valoración cuantitativa entre 1 y 5, donde 1 es la calificación más baja y 5 es la calificación más alta.

Tabla 17*Calificación de los contratipos según la rúbrica de evaluación*

CRITERIO	PORCENTAJE	CONTRATIPO B	CONTRATIPO C1	CONTRATIPO C2
ASPECTO AMBIENTAL	15%	1	4	3
ASPECTO SALUD	25%	1	4	4
ASPECTO PROCESO	30%	1	4	2
ASPECTO ECONOMICO	15%	5	3	1
ASPECTO TRANSPORTE	15%	5	5	5
TOTAL	100%	2,2	4	2,95

Con base en las calificaciones obtenidas, se puede definir que el contratipo C1 es el más apto para reemplazar el permanganato de potasio utilizado actualmente en la EMPRESA TEXTIL, de esta forma, la recomendación desde el punto de vista técnico es realizar ensayos en todas las bases textiles utilizadas actualmente, que permitan definir si alguna de las bases textiles presenta inconvenientes con el proceso, posteriormente estandarizar a nivel de planta el proceso del contratipo C1 y estudiar la viabilidad del proceso fuera del laboratorio.

El punto de vista técnico considera como pilares fundamentales para la toma de decisiones los aspectos medioambientales y riesgos a la salud del permanganato de potasio y en consecuencia el contratipo elegido debe representar una mejora a los aspectos mencionados.

Según los puntos de vista de las directivas y los diseñadores de la EMPRESA TEXTIL, los aspectos de mayor importancia son la apariencia y el costo del contratipo, pues este no debe superar el precio por kilogramo actual del permanganato de potasio y no debe realizar cambios demasiado fuertes en el look obtenido.

14. CONCLUSIONES

Se identificaron en el mercado diferentes alternativas existentes para el permanganato de potasio y su uso en la industria textil en aplicación por aerografía para el proceso de usos localizados, estas fueron desarrolladas por empresas internacionales principalmente, preocupadas por obtener productos sostenibles.

Se lograron establecer 4 contratipos ofrecidos en el mercado, dos de ellos son agentes oxidantes químicos, utilizados de la misma manera que el permanganato de potasio y otro dos son productos de apoyo al proceso de modificación física con la herramienta de láser. La elección se toma estudiando varios contratipos del mercado que pueden tener aplicación en la EMPRESA TEXTIL, considerando la dificultad de obtención del producto y realizando un comparativo con el permanganato de potasio, el cual permite definir si el producto es apto para el proceso que se requiere.

Se evaluaron los resultados obtenidos de los ensayos realizados, considerando las diferencias en el proceso de aplicación de cada uno, las ventajas y desventajas que representan, los efectos que se generan sobre las bases textiles y el costo fórmula de cada contratipo, de esta forma es posible desarrollar la rúbrica de evaluación y entregar a la EMPRESA TEXTIL una recomendación técnica que tenga en cuenta todos los aspectos estudiados.

Se verificó la calidad de la prenda final de cada contratipo, en compañía de áreas como diseño, calidad y jefaturas técnicas, cada área califica un aspecto diferente que debe cumplir la prenda para definir el contratipo como funcional. Con base en la reunión se define que: el contratipo B es el que presenta mayor similitud en proceso y apariencia final con el permanganato de potasio, es elegido por el área de diseño como la mejor opción; el contratipo C1 requiere mejoras en el marcaje de láser para evitar la apariencia poco natural obtenida, sin embargo, se pueden realizar correcciones y obtener una alta funcionalidad, es elegido por las jefaturas técnicas como la mejor opción considerando los beneficios medio ambientales principalmente; el contratipo C2 genera pérdida de resistencia de la base textil, una apariencia poco natural y costos elevados, es descartado como posible reemplazo del permanganato de potasio por todas las áreas involucradas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Siddique, T. Hussain, W. Ibrahim, Z. A. Raza, S. Abid y A. Nazir, «Response Surface Optimization in Discharge Printing of Denim Using Potassium Permanganate as Oxidative Agent,» *Clothing and Textiles Research Journal*, vol. 35, n° 3, pp. 204 - 214, 2017.
- [2] «EcuRed,» Agente Oxidante, [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/index.php?title=Agente_oxidante. [Último acceso: Octubre 2022].
- [3] «EcuRed,» Permanganato de potasio, [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Permanganato_de_potasio. [Último acceso: 29 Octubre 2022].
- [4] R. R. Ayala y M. I. Azcona-Cruz, «Efectos tóxicos del manganeso,» *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, pp. 71 - 74, 2017.
- [5] ASTDR, «Agencia para sustancias toxicas y el registro de enfermedades,» Resúmenes de Salud Pública - Manganeso (Manganese), 06 Mayo 2016. [En línea]. Available: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs151.html. [Último acceso: 02 Noviembre 2022].
- [6] M. d. Justicia, «Ministerio de Justicia,» RESOLUCION 0001 DE 2015., [En línea]. Available: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Resolucion/30031758>. [Último acceso: 25 Octubre 2022].
- [7] CHT, «CHT Chemicals solutions,» Lavado de Jeans y Prendas - Grupo CHT - Químicas especiales, [En línea]. Available: https://solutions.cht.com/cht/web.nsf/id/pa_lavado_de_jeans_prendas_es.html. [Último acceso: 31 Octubre 2022].
- [8] E. Cano, «Proceso de aerografía 08_1420_Q,» 2014. [En línea]. Available: Available: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1420_Q.pdf. [Último acceso: 31 Octubre 2022].
- [9] L. Quintero, «TECNOLOGÍAS PARA LA DECOLORACIÓN DE TINTES ÍNDIGO E ÍNDIGO CARMÍN TECHNOLOGIES FOR THE DECOLORIZATION OF DYES,» *INDIGO AND INDIGO CARMINE*, vol. 77, 2015.
- [10] «chimica-online,» [En línea]. Available: <https://www.chimica-online.it/composti/permanganato-di-potassio.htm>. [Último acceso: 12 04 2023].

- [11] «A química diária,» 01 02 2013. [En línea]. Available: <https://quimikdiaria.blogspot.com/2013/02/acido-acetico.html>. [Último acceso: 12 04 2023].
- [12] «wakschem,» [En línea]. Available: <https://www.wakschem.com/?product/cas-147664-83-3>. [Último acceso: 12 04 2023].
- [13] P. d. l. republica, «DECRETO 1146 DE 1990,» [En línea]. Available: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1232283>. [Último acceso: 19 Noviembre 2022].
- [14] C. d. Colombia, «LEY 30 DE 1986,» Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones, [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2774>.
- [15] OMS, «Occupational Safety and Health Administration,» MANGANESE, COMPOUNDS & FUME (as Mn), [En línea]. Available: <https://www.osha.gov/chemicaldata/501>. [Último acceso: 18 Noviembre 2022].
- [16] EPA, «US EPA,» Regulatory Determination 1 Support Documents for Manganese, [En línea]. Available: <https://www.epa.gov/ccl/regulatory-determination-1-support-documents-manganese>. [Último acceso: 19 Noviembre 2022].
- [17] FDA, «Food and Drug Administration,» Independent Nutrition, Inc. - 554362, 08 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/warning-letters/independent-nutrition-inc-554362-08312018>. [Último acceso: 19 Noviembre 2022].
- [18] CHT, «CHT CHEMISTRY SOLUTIONS,» LA CHT DA EL SALTO - EL ACABADO INTELIGENTE DE LOS JEANS, [En línea]. Available: [https://solutions.cht.com/cht/medien.nsf/gfx/med_MJOS-ATUK54_501996/\\$file/CHT-OrganIQ-acabado-inteligente-organico-de-los-jeans-ES-EN.pdf?OpenElement&v=0.666.389166094453](https://solutions.cht.com/cht/medien.nsf/gfx/med_MJOS-ATUK54_501996/$file/CHT-OrganIQ-acabado-inteligente-organico-de-los-jeans-ES-EN.pdf?OpenElement&v=0.666.389166094453).
- [19] E. MUNDO, «El láser de Jeanología acaba con la fase más tóxica de la producción de jeans,» *PERIODICO EL MUNDO*, 17 Noviembre 2015.

- [20] ARM, «Smart Chemicals ARM,» Permanganate Alternative, Lower Water and Time Consuming Products, [En línea]. Available: <https://www.armkimya.com/katalog.pdf>. [Último acceso: 11 Noviembre 2022].
- [21] Recolquim, «Recolquim S.A.,» Distribuidora de colorantes quimicos, [En línea]. Available: <https://recolquim.com.co>. [Último acceso: 18 Noviembre 2022].
- [22] N. s.p.a., «Nearchimica s.p.a.,» chi siamo - Nearchimica, [En línea]. Available: <https://www.nearchimica.it/it/azienda/chi-siamo.html>. [Último acceso: 18 Noviembre 2022].
- [23] Nearchimica, «Nearchimica s.p.a.,» Bleaching fabrics and denim laser engraving activator | Nearbooster RVG., [En línea]. Available: <https://www.nearchimica.it/en/product/bleaching-fabrics-denim-laser-engraving.html>. [Último acceso: 18 Noviembre 2022].
- [24] «DAFITI,» [En línea]. Available: <https://www.dafiti.com.co/KOAJ-PANTALON-KOAJ-OMAR-MOM-FIT-STA-122-1950566.html>. [Último acceso: 27 04 2023].
- [25] «Koaj Skinny Fit,» [En línea]. Available: <https://www.koaj.co/jeans-skinny/38370-jean-skinny-fit.html>. [Último acceso: 27 04 2023].
- [26] «Koaj Slim,» [En línea]. Available: <https://www.koaj.co/jeans-slim/26951-jean-slim.html>. [Último acceso: 27 04 2023].
- [27] M. Prolongo y G. Pinto, «Science in School,» Química de colores: reacciones redox con chupachups, [En línea]. Available: <https://www.scienceinschool.org/es/article/2018/colourful-chemistry-redox-reactions-lollipops-es/>. [Último acceso: 5 Abril 2023].
- [28] I. M. Romero, «Science in School,» The european journal for science teachers, 2014. [En línea]. Available: <https://www.scienceinschool.org/es/article/2018/colourful-chemistry-redox-reactions-lollipops-es/>. [Último acceso: 29 04 2023].
- [29] «EQUILIBRIOS DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN,» PRACTICA 18, [En línea]. Available: <http://www.qfa.uam.es/labqui/practicas/practica18.pdf>. [Último acceso: 29 04 2023].
- [30] D. B. MARTÍNEZ, «REMOCIÓN DE MANGANESO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE TOCANCIPÁ – CUNDINAMARCA,» Bogotá, 2017.

- [31] «Metod Makina Sanayi,» [En línea]. Available: <https://www.metodmakina.com/konveyorlu-sprey-ve-kimyasal-uygulama-kabinleri/3/>. [Último acceso: 02 05 2023].
- [32] «Metod Makina,» [En línea]. Available: <https://www.metodmakina.com/eco-friendly-profesyonel-sprey-ve-kimyasal-uygulama-kabinleri/1/>. [Último acceso: 02 05 2023].
- [33] «Lojado Mecanico,» [En línea]. Available: <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/97745/24/244/pistola-tipo-aerografo-05mm-com-caneca-150ml-arcom-arc-k3-a>. [Último acceso: 03 05 2023].
- [34] «Mercado Libre,» [En línea]. Available: <https://tinyurl.com/mva2vrcj>. [Último acceso: 03 05 2023].
- [35] «Tonello,» [En línea]. Available: <https://tonello.com/es/macchina/g1-lw3-mw3/> . [Último acceso: 03 05 2023].
- [36] Jeanología, «JEANOLOGÍA,» Laser marking technologies for textile industry, [En línea]. Available: <https://www.jeanologia.com/garment/laser/>. [Último acceso: 28 Marzo 2023].
- [37] «ChemWhat,» [En línea]. Available: <https://www.chemwhat.es/monoperoxiftalato-de-magnesio-hexahidrato-tecnolog%C3%ADa-80-cas-131391-55-4/>. [Último acceso: 08 05 2023].
- [38] «Merckmillipore,» [En línea]. Available: https://www.merckmillipore.com/CO/es/product/Phthalic-acid,MDA_CHEM-822298?referrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F . [Último acceso: 08 05 2023].
- [39] ATSDR, «ATSDR,» ToxFAQs™ - Peróxido de hidrógeno (Hydrogen Peroxide), [En línea]. Available: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts174.html#:~:text=El%20per%C3%B3xido%20de%20hidr%C3%B3geno%20es%20inestable%20y%20se%20descompone%20r%C3%A1pidamente,en%20contacto%20con%20materia%20org%C3%A1nica. [Último acceso: 02 Mayo 2023].
- [40] «THE PERMANGANATE COMPANY,» Magnesia Chemicals, [En línea]. Available: <http://magnesiachemicals.com/sodium-permanganate/>. [Último acceso: 08 05 2023].

- [41] «Jeanología Twin Super,» Jeanología, [En línea]. Available: <https://www.jeanologia.com/es/twin-super/>. [Último acceso: 10 05 2023].
- [42] «Citric Acid,» International chemicals Suppliers, [En línea]. Available: <https://internationalchemicalsuppliers.weebly.com/blog/citric-acid-acido-citrico-acide-citrique>. [Último acceso: 10 05 2023].
- [43] «Ácido etidónico 60%,» Mima, [En línea]. Available: <https://www.productosmima.com/acido-etidronico/>. [Último acceso: 15 05 2023].
- [44] «2-Phosphonobutane-1,2,4-tricarboxylic acid,» Santa Cruz Biotechnology, [En línea]. Available: <https://www.scbt.com/es/p/2-phosphonobutane-1-2-4-tricarboxylic-acid-37971-36-1>. [Último acceso: 15 05 2023].

GLOSARIO

Aspersión: sistema de inyección de producto y aire a presión por medio de boquillas, que permite generar una nube dentro de la lavadora industrial y de esta forma obtener un humedecido de las prendas que se encuentran girando en el tambor de la lavadora.

Pick up: este término hace referencia al porcentaje de solución que absorbe la prenda en el proceso de aspersión, se calcula con el peso de la prenda previo a iniciar el proceso y el peso final de esta.

Prendas básicas: se definen como básicos, aquellas prendas que comercialmente se encuentran en el mercado todo el tiempo, en diferentes tonos y apariencias similares, pero con un mismo corte en su diseño.

Prendas moda: se definen como moda, aquellas prendas que cuentan con un proceso de lavandería y manualidad específicos, que generan una apariencia poco común y normalmente solo se produce un único lote.

Fit: es la horma de corte y confección de la prenda, se clasifica según diferentes parámetros establecidos por la moda a nivel mundial, como la forma en la que se adapta al cuerpo del usuario, el tipo de tela que se utiliza para confeccionarlo, entre otros.

Light PP: es el efecto desarrollado por Jeanología para el reemplazo de permanganato de potasio, con un rango de intensidades de marcación recomendados por la compañía para

Compound: se define como compound a aquellos productos que con una mezcla de varias sustancias ofrecen una mayor eficiencia.

Contratipo: el contratipo de un producto es una sustancia o proceso que cumple las función del que se desea reemplazar, generalmente son sustancias con el mismo comportamiento aunque con diferente composición.

ANEXO 5

RECOMENDACIONES

Se realizan diferentes recomendaciones y sugerencias a la empresa textil con el fin de continuar evaluando la posibilidad de buscar un proceso menos contaminante al utilizado actualmente con permanganato de potasio para la obtención del efecto de degaste localizado.

- Se recomienda continuar realizando ensayos con el contratipo C1, en busca de obtener un escalamiento a nivel producción y poder medir de una manera más real los tiempos de proceso, la eficiencia y productividad del contratipo.
- Se recomienda realizar cambios en los diseños de láser, con el fin de maximizar el uso de esta herramienta con el acompañamiento de aceleradores, debido a que los diseños actuales están definidos para realizar aplicación de permanganato de potasio sobre el marcaje base, lo que genera que, al utilizar el acelerador de láser, el efecto sea fuerte y poco natural.
- El contratipo C2 fue descartado por los altos consumos que elevan el costo formula del acelerador, además de las pérdidas de resistencia atribuidas a la forma de impregnación de este último en la prenda. Se recomienda realizar un seguimiento a las mejoras que el proveedor indica que desarrollarán en el contratipo y reevaluar a futuro con los cambios necesarios.