



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE DURACIÓN DE
UNA SOLUCIÓN DE PERMANGANATO DE POTASIO PARA LA DECOLORACIÓN
EN PANTALONES DE LONA, PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD**

Mario Leonel Estrada Cano

Asesorado por el Msc. Ing. Erick Cambranes Morales

Guatemala, marzo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE DURACIÓN DE
UNA SOLUCIÓN DE PERMANGANATO DE POTASIO PARA LA DECOLORACIÓN
EN PANTALONES DE LONA, PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO LEONEL ESTRADA CANO

ASESORADO POR EL MSC. ING. ERICK CAMBRANES MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, MARZO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Julio Enrique Chávez Montúfar
SECRETARIO	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE DURACIÓN DE
UNA SOLUCIÓN DE PERMANGANATO DE POTASIO PARA LA DECOLORACIÓN
EN PANTALONES DE LONA, PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD**

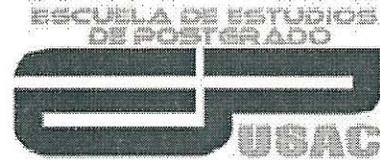
Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 2 de octubre de 2013.



Mario Leonel Estrada Cano



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
 Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

MOD-MGIPP-008-2014

000149

Guatemala, 26 de febrero de 2014.

Director:
 Víctor Manuel Monzón Valdez
 Escuela de Ingeniería Química
 Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Mario Leonel Estrada Cano** carné número **90-18843**, quien optó la modalidad del **“PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO”**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

“Id y enseñad a todos”

MSc. Ing. Erick Martín Cambranes Morales
 Asesor (a)

ERICK CAMBRANES

COLEGIADO
N. 1626

MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo
 Coordinador de Área
 Gestión de Servicios

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073



Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
 Directora
 Escuela de Estudios de Postgrado

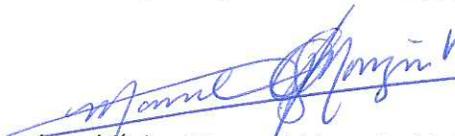
Cc: archivo
 /db



Ref.EIQ.TG.036.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el informe de la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería del estudiante, **MARIO LEONEL ESTRADA CANO**, ha optado por la modalidad de estudios de postgrado para el proceso de graduación de pregrado, que para ello el estudiante ha llenado los requisitos establecidos en el normativo respectivo y luego de conocer el dictamen de los miembros del tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el **Informe del Diseño de Investigación del Programa de Maestría en GESTIÓN INDUSTRIAL** titulado "DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE DURACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE PERMANGANATO DE POTASIO PARA LA DECOLORACIÓN EN PANTALONES DE LONA, PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD". Procede a **VALIDAR** el referido informe, ya que reúne la coherencia metodológica requerida por la Escuela.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, marzo de 2014

Cc: Archivo
Copia: Colegio de Ingenieros Químicos de Guatemala
VMMV/ale



Universidad de San Carlos
de Guatemala

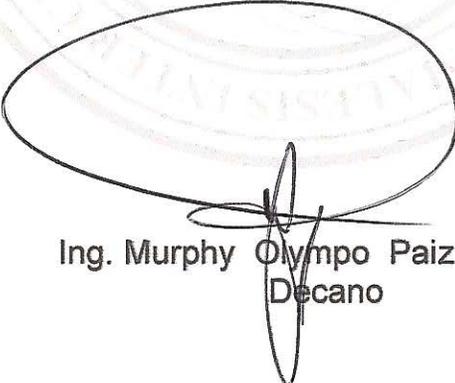


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 147.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE DURACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE PERMANGANATO DE POTASIO PARA LA DECOLORACIÓN EN PANTALONES DE LONA, PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD**, presentado por el estudiante universitario: **Mario Leonel Estrada Cano**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 28 de marzo de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por todas las bendiciones recibidas cada día y permitirme obtener este logro.
- Mi madre** Licda. Lesbia Judith Cano González, por tu esfuerzo, constancia, inquebrantable ejemplo en mi vida, sacrificio incansable para hacer de mí un buen ser humano y tu invaluable amor.
- Mi padre** Dr. Mario René Estrada Gil (q.e.p.d.), por tu cariño y bendición.
- Mi hermana** Claudia Estrada, por el amor que me expresas a diario, lo solidaria que siempre eres y por la alegría que traes a mi vida.
- Mis hermanos** Byron René, Carlos Augusto, Óscar Roberto y María Graciela Estrada, por el cariño y apoyo.
- Mi sobrina** Abigail, por ser la alegría de nuestro corazón.
- Mis ahijados** Que Dios me permita la oportunidad de ser un ejemplo para ellos.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Mi alma mater que a pesar de las limitaciones me ha formado como profesional.

**Facultad de
Ingeniería**

Sus aulas y corredores fueron testigos de mi esfuerzo, diversión y conocimiento.

Mis amigos

Aura Leticia, Álvaro, Leonardo y Juan Antonio, por su valiosa e increíble amistad, quienes con su presencia enriquecieron mi vida profesional y personal.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. ANTECEDENTES	01
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	05
2.1. Descripción del problema	05
2.2. Formulación del problema	06
2.3. Delimitación del problema	06
3. JUSTIFICACIÓN	07
4. OBJETIVOS	11
5. NECESIDADES A CUBRIR	13
6. ALCANCES	15
7. HIPÓTESIS	19
8. MARCO TEÓRICO	21
8.1. Calidad total	21

8.2.	Procesos	22
8.3.	Ciclo Deming	40
8.4.	Metodología Lean Six Sigma	41
8.5.	La gestión del recurso humano	42
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	45
10.	METODOLOGÍA	47
10.1.	Diseño y tipo de investigación	47
10.2.	Variables e indicadores	48
10.3.	Metodología	48
10.5.	Secuencia del estudio	52
10.6.	Resultados esperados.....	54
10.7.	Universo y muestra	55
11.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	57
12.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	59
13.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	61
13.1.	Acceso a la información	61
13.2.	Disponibilidad de recursos	61
13.3.	Inversión requerida	62
14.	BIBLIOGRAFÍA	65
15.	APÉNDICES	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de la mejora propuesta	17
2.	Desgaste manual con lija	28
3.	Ingresando las piezas para lavar con arena.....	30
4.	Maniquí para rociar permanganato de potasio.....	34
5.	Pantalón con permanganato de potasio del lado izquierdo y pantalón neutralizado terminado del lado derecho.....	36
6.	Diagrama de Ishikawa.....	39
7.	Cronograma de actividades	59

TABLAS

I.	Porcentajes de rechazo	39
II.	VARIABLES e indicadores.....	48
III.	Concentraciones de permanganato de potasio.....	52
IV.	Disponibilidad de recurso humano requerido.....	61
V.	Recursos físicos e insumos.....	62
VI.	Inversión requerida	63

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
g	Gramo
hr	Hora
kg	Kilogramo
lt	Litro
ml	Mililitro
min	Minuto
N	Normal
KMnO₄	Permanganato de potasio
%	Porcentaje
Q	Quetzales
u	Unidades

GLOSARIO

Abrasión	Desgaste de la superficie de una prenda ocasionado por la fricción de la prenda con piedra pómez, con la máquina lavadora, entre las mismas prendas o por medio de químicos.
Acabado	Se refiere a efectos en un pantalón que se realizan después de su confección, para dar una impresión de desgaste.
Apariencia	Término de calidad textil que enmarca las propiedades visuales superficiales de la prenda como tonalidad y desgaste.
Decoloración	Acción de pérdida de color por la acción de un agente blanqueador como el hipoclorito de sodio o el ozono.
Denim	Término en inglés referido a la mezclilla (lona).
DMAIC	Metodología Six Sigma que se refiere a definir, medir, analizar, implementar y controlar.

Engomante	Agente con el cual se lleva a cabo la acción de engomar o proteger prendas de mezclilla, por ejemplo almidón.
Esprayado	Aplicación de químicos a través de pistola con aire comprimido.
Impregnar	Se refiere a sumergir piezas en una solución.
Índigo	Colorante en forma de polvo cristalino azul oscuro. Su principal aplicación es en la industria de los <i>blue jeans</i> y otros productos del <i>denim</i> azul.
Jeans	Pantalón elaborado con mezclilla (lona).
Lijado	Desgastar manualmente el pantalón lijando áreas específicas.
Look	Palabra en inglés que se refiere a la vista del pantalón.
Maniquí	Tubos de hule que se llenan de aire para hacer que el pantalón oponga resistencia a la aplicación de lija o de producto esprayado.
Metralla	Término utilizado a la esprayada de arena fina sobre pantalones.

Neutralizar	Se refiere a llevar al pantalón a condiciones donde no sigan trabajando los químicos y detener así el efecto reductor de color o de propiedades de la prenda.
Nevado	También mencionado como <i>frost</i> , se refiere a un efecto imperfecto no transparente sobre la prenda.
Pantalón rígido	Prenda de lona sin ningún tipo de acabado industrial, únicamente confeccionado.
pH	Término que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución. Se trata de una medida de la acidez de la disolución.
Pillín	Defecto de pelusa o exceso de fibras sueltas en la pieza.
PP SPRAY	Término que se refiere a permanganato de potasio esprayado.
Reproceso	Aplicar nuevamente una solución de permanganato de potasio y volver a neutralizarla.
Solución 50 - 50	Solución fabricada a partir del 50 % de solución madre y 50 % de agua desmineralizada.

Tiempo de residencia

Es el tiempo que transcurre desde que se fabrica la solución de permanganato de potasio y la aplicación de la misma.

Vintage

Efecto con apariencia de pantalón usado o viejo, simulando el desgaste natural de una pieza.

Vista

Término utilizado cuando se comparan las figuras de desgaste y tonalidades del mismo.

Wiskers

Figuras de desgaste simulando bigotes de gato.

RESUMEN

La presente investigación se enfoca en una de las causas de mayor rechazo en el área de esprayado de permanganato de potasio en una empresa textilera, manufacturera y fabricante de pantalones de lona, con acabados especiales donde se utiliza, en la mayoría de sus lavados una solución de permanganato de potasio denominada 50 – 50. Dicha solución, después de preparada, tiene un tiempo de vida útil para dar el efecto *vintage* que se desea, siendo esta la causa principal de rechazo en el área, ya que aproximadamente el 68 % de los productos rechazados pasan por este problema.

La hipótesis se basa en que la solución de permanganato elegida para el experimento mantenga su efecto de degradar el índigo de los pantalones de lona incluso 12 horas después de su fabricación, lo que confirma que cada turno operativo debe preparar la cantidad de solución que va a utilizar durante su turno, dependiendo del programa de producción que tengan para cada uno.

La técnica para determinar el tiempo de residencia durante el cual la solución aporta el efecto necesario en la prenda, será la experimentación y observación. Se realizará en horarios que indiquen cada cuánto se debe preparar la solución de permanganato de potasio, dentro del mismo turno operativo que consta de 12 horas de trabajo continuo.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se refiere al diseño de la investigación para la determinación del tiempo de duración de una solución de permanganato de potasio para la decoloración en pantalones de lona con el fin de mejorar la productividad. Este estudio se realizará en el área de acabados especiales de una empresa textilera y manufacturera que se dedica a la elaboración de pantalones de lona.

En el proceso de acabados especiales hay una cantidad considerable de rechazos por la baja intensidad del decoloramiento en las prendas con la aplicación del permanganato de potasio. El impacto ha sido determinado a través de un diagrama de Causa y Efecto (ver apéndices) sobre el 23 % de la producción, siendo esta la misma cantidad de producto rechazado que debe ser reprocesado, duplicando con esto el costo de la operación. Por otra parte, ya no se desea incurrir en la eliminación de soluciones que no tienen el efecto deseado por tener mucho tiempo de residencia.

Este estudio se genera como parte de la mejora continua implementada en la planta en estudio, así como por la filosofía Lean Six Sigma que se está aplicando, ya que esto influye directamente en la mejora de calidad, la reducción de costos y el aumento de la productividad del área de estudio.

El fin del presente trabajo es reducir la cantidad de reprocesos, así como mejorar el costo unitario de la operación y evitar el desperdicio de soluciones que ya no tienen el efecto deseado en la prenda.

Los resultados esperados son: concluir cual es el tiempo de duración de la solución de permanganato de potasio para que se pueda programar la fabricación de la solución en tiempos periódicos que impidan que pierda su poder degradante de índigo, reducir el costo de baja calidad e impactar en el 10 por ciento de reducción del costo real actual del área de esprayado de potasio.

Para tener una panorámica de donde influyen los resultados del presente estudio, se iniciará con una descripción de la empresa, de dónde viene, el porqué de su creación y qué tipo de procesos de acabados especiales utiliza para ingresar al mercado de la moda a través de los pantalones de lona.

Con la información preliminar como marco de referencia se introducirá en el proceso actual, donde se definirá el problema a través de herramientas como diagramas de Causa y Efecto, de Pareto y el análisis del proceso completo, determinando la generación de unidades de segunda calidad, así como el costo de las unidades reprocesadas por la falta de intensidad provocada por la aplicación de permanganato de potasio.

A través de un VSM actual y uno sugerido se determinará el costo de la propuesta de mejora, la cual se desarrollará experimentalmente en piezas de producción para su retención de horarios y respectiva confirmación del efecto de la solución.

Por último se discutirá la evaluación técnica y financiera de la mejora propuesta para reducir la cantidad de reprocesos, mejorar la productividad del área de esprayado, y la disminución de los costos de mala calidad ocasionados por el proceso actual.

1. ANTECEDENTES

Los fabricantes de tela llamada lona o mezclilla, utilizan un engomante, para poder trasladar y manipular la misma, de tal forma que los pantalones se someten a un lavado después de confeccionarlos para eliminar esta capa o barrera de engomante y tener las propiedades de un *jeans* para su uso (Galvis I. , 2012).

La fabricación de *jeans* a nivel mundial ha evolucionado, ya no para ser solamente una prenda de vestir, sino una prenda de moda, con apariencias distintas. Una de las apariencias que más se ha desarrollado en la actualidad es tener un *look* desgastado, a pesar de ser un pantalón nuevo.

Los desgastes se realizan a través de abrasión mecánica y se hacen manualmente en las áreas solicitadas que usualmente son los muslos en la parte frontal, la parte trasera y, en ocasiones, en la parte baja de la pieza. El hecho de desgastar manualmente la pieza deja al descubierto la fibra de algodón, la cual es blanca, este no es el *look* que desean los clientes, pues sugieren que esté decolorado para simular que fue el desgaste de la prenda lo que lo provocó. Para ello se utiliza el permanganato de potasio, un blanqueador de algodón que degrada el colorante que tenga. Dependiendo de la cantidad de este agregado en la prenda, se degradará el colorante de tal forma que se verá como gastado por el tiempo de uso (Paulina Escalona Ross I. M., 2011).

Las técnicas de aplicación de soluciones de permanganato de potasio no han sido establecidas, hay que desarrollarlas, dependiendo los estilos y solicitudes de los clientes, sin embargo hay que estandarizar los usos de las mismas.

Para tener consistencia en la apariencia del pantalón hay que controlar todos los parámetros y herramientas que intervienen en el proceso, así como estandarizar los métodos de aplicación. Esto debe empezar desde el desgaste mecánico localizado de la prenda que se realiza con lija y la aplicación del permanganato de potasio en distancia, flujo y concentración.

Una de las variables importantes a controlar, es la duración de la solución de permanganato de potasio, ya que esta impacta directamente en la apariencia final de la prenda. La solución pierde potencia conforme pasa el tiempo, así que calibrar el proceso con una solución con menos efectividad no estandariza la aplicación o viceversa. Al calibrar el proceso con una solución en óptimas condiciones y utilizar una solución con menos efectividad, es como usar una concentración diferente a la del lavado. Los procesos secos toman como herramienta la estandarización, ya que en la actualidad ninguna empresa puede prescindir de los métodos de control de calidad que permitan mejorar los procesos de producción y producto final (Cabrera, 2009).

El presente estudio trata la determinación del tiempo de vida útil de una solución de permanganato de potasio, en donde se obtengan los resultados como cuando se aplica la solución inmediatamente después de ser fabricada. Las otras variables de este estudio se dejarán como constantes para limitarlo a la solución, por lo que vale la pena realizar otros estudios, teniendo como variables el flujo de aplicación, así como la distancia.

La experimentación se puede realizar pero depende del tipo de lavado que llevará la prenda, incluso a nivel de preproducción, para que cada desarrollo lleve el tiempo máximo de residencia de potasio, pues pueden existir clientes que exijan mayor uniformidad en las prendas que solicitan, con lo cual no admiten variación en la intensidad del proceso en seco, así como la estandarización del trabajo de desgaste manual con lija, que puede ser una causa de falta de intensidad en la aplicación de permanganato de potasio, esta quedará para otro estudio, donde se puede variar la intensidad con una solución de potasio estandarizada en horario de residencia.

Para minimizar la variación por aplicación de la solución se utilizará a la misma persona para que administre a todas las piezas en los horarios determinados para este experimento, certificando al operario como de amplia experiencia en el proceso.

Asimismo, se deberá seleccionar y certificar el mismo auditor para la comparación visual que hay que realizar entre la pieza guía y las piezas de cada uno de los horarios.

La documentación se llevará por medio del Departamento de Producción, con el visto bueno del Departamento de Aseguramiento de la Calidad, Desarrollo e Ingeniería de Procesos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

Durante el 2013 se trabajó con soluciones de permanganato de potasio que se renuevan cada uno o dos días, sin embargo se ha tenido problemas de calidad por la apariencia que este da en los productos finales. Una de las razones es que la solución está “vencida”, de tal forma que no contiene las características necesarias para que provoque el efecto deseado al aplicarlo en el pantalón de lona, el cual tiene desgaste manual.

Dicho desgaste se realiza en el área de aplicación, en donde también de forma manual deberá ser regulada e inspeccionada al salir de esta operación.

El hecho que el pantalón sea rechazado por baja intensidad de decoloramiento, obliga a reprocesar las prendas, teniendo que regresar al área de producción y volver a aplicar una solución más diluida, para compensar la falta de intensidad que tiene el efecto en la prenda aplicada, implicando no solo pérdida de tiempo si no elevando el costo de la misma (ver diagrama de flujo en apéndices).

El enfoque de este estudio será el tiempo de duración de la solución de permanganato de potasio 50 - 50, donde aún pueda apreciarse el efecto en la prenda de la forma solicitada. Se ha determinado utilizar esta solución únicamente, porque se usa en el 70 % de los productos que llevan este proceso.

2.2. Formulación del problema

De lo antes expuesto surge la siguiente interrogante principal:

¿Cuál es la mejora de productividad en el proceso de aplicación de la solución 50 – 50 de permanganato de potasio en pantalones de lona?

Para responder a este cuestionamiento es necesario el análisis de las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el tiempo de duración de la concentración de permanganato de potasio 50 – 50 para la decoloración del índigo en pantalones de lona?
- ¿En qué porcentaje se reducirá la cantidad de reprocesos actuales por intensidad leve de apariencia?
- ¿En qué porcentaje se reducirá el costo real del proceso de aplicación de permanganato de potasio?

2.3. Delimitación del problema

El estudio se realizará en la fábrica DMX, S. A., ubicada en la zona 7 de la ciudad de Guatemala, en la planta de lavandería y acabados especiales durante los meses de agosto y septiembre del 2013. Específicamente se trabajará en el área de esprayado de permanganato de potasio, exclusivamente en la utilización de la solución denominada 50 – 50, para pantalones de lavado medio, con desgaste manual en las áreas de los muslos y la parte trasera de la prenda.

3. JUSTIFICACIÓN

La estandarización de procesos se justifica bajo la línea de investigación de mejora de la productividad y aseguramiento de la calidad.

Dicha estandarización de los procesos de manufactura es clave para mantener dentro de los gráficos de control los productos finales, a pesar de que los procesos sean manuales se pueden fijar límites de aceptación, sobre todo cuando son variables cualitativas.

Como parte de esta estandarización se deben regular todas las herramientas, máquinas e insumos que utilicen los procesos para la aplicación de permanganato de potasio. Una de las variables que se debe controlar es el efecto de la solución a aplicar, para ello se detalla cómo se fabrican las soluciones y el tiempo de duración de las mismas con el efecto deseado.

Económicamente, los resultados de este experimento repercutirán en una reducción de costos total real del 10 %, con una mejora de tiempo de entrega de 3 días, con lo que se ofrecerá más flexibilidad y competitividad a la empresa.

Para la regularización de esta aplicación se mantendrán el resto de las variables fijas y así, solamente focalizar el estudio en el horario de duración del efecto solicitado de la solución del permanganato de potasio después de su preparación.

Dentro de las técnicas de esprayado, utilizadas en la actualidad, existen concentraciones diferentes, todas a partir de una solución madre que surge de la dilución, 23 gramos de permanganato de potasio en un litro de agua. A partir de ahí se tienen diluciones llamadas 50 – 50 que sugiere 50 % de solución madre y 50 % de agua, y 2 x 1 que es 1 porción de solución madre y 2 porciones de agua.

Estandarizar el uso de estas soluciones así como su tiempo de vida es necesario, debido a que esta se realiza después de un proceso manual y se debe tener en consideración la variabilidad de estos procesos de manera que hay que certificar el uso de la misma aplicada en la prenda.

Para eliminar la variable de efectividad de una solución determinada para el uso de un estilo de pantalón y así definir con más certeza el método y la solución a utilizar.

Las concentraciones más utilizadas son: 50 – 50 (utilizada en un 70 % de los productos) y 2 x 1 (utilizada en un 15 % de los productos, el otro 15 % se utilizan con otras soluciones no descritas en este estudio). Estas soluciones se realizan a partir de una “solución madre”, que consiste en 23 gramos de permanganato de potasio en un litro de agua, para la solución denominada como 50 – 50, se utiliza el 50 % de la solución madre y 50 % de agua, y para la solución denominada 2 x 1, se utilizan 2 porciones de agua y una porción de solución madre, es decir que las concentraciones más utilizadas son la que tiene 50 % de solución madre y la que tiene una tercera parte de solución madre.

Las frecuencias de aplicación oscilan entre 1 y 3, de tal forma que la prenda contenga la cantidad necesaria según el efecto deseado y el desgaste provocado por abrasión mecánica en las áreas focalizadas de los muslos y la parte trasera de la prenda.

Para tener consistencia en la apariencia del pantalón hay que controlar todos los parámetros y herramientas que intervienen en el proceso, así como estandarizar los métodos de aplicación, esto debe realizarse desde el desgaste mecánico localizado de la prenda que se hace con lija y la aplicación del permanganato de potasio en distancia, flujo y concentración.

Una de las variables importantes a controlar, es la duración de la solución de permanganato de potasio, ya que impacta directamente en la apariencia final de la prenda. Es decir, que la solución pierde potencia o efectividad conforme pasa el tiempo, por lo que calibrar el proceso con una solución con menos efectividad no estandariza la aplicación o viceversa. Si se calibra el proceso con una solución en óptimas condiciones y se utiliza en la producción una solución con menos efectividad, es como utilizar una concentración diferente a la que se utilizó en la calibración del lavado.

Se ha identificado que la solución pierde potencia con el tiempo de espera, sin embargo, solamente se tiene como parámetro que después de 48 horas de residencia, la efectividad de la concentración es variable de tal forma que no da el efecto deseado o calibrado anteriormente. Es por ello necesario determinar cuántas horas puede esperar una solución y seguir siendo útil para la aplicación en prendas.

Es importante determinar el almacenaje de las soluciones, pues estas se deberán de almacenar y envasar tal como lo sugieren los proveedores, como se solicita en asiquim.com “almacene en estanques de acero o envases plásticos con tapas ventiladas” (oxiquim, 2007).

Para determinar el tiempo de efectividad de una concentración de permanganato de potasio, se deberán determinar algunos límites, los cuales se definirán en la apariencia del *jeans*, con una determinada concentración y frecuencia de aplicación en prendas de igual construcción y desgaste mecánico.

Debido a que el 70 % de los productos utilizan la concentración 50 – 50, será sometida a estudio, en esta solución se ha reportado un promedio de 23 % rechazada por intensidad leve, lo que repercute que esta producción sea reprocesada, duplicando el costo de esta operación y atrasando al menos un día de estadía en este proceso. Con esto se espera obtener un 10 % de reducción de costo del área.

La metodología a utilizar, será experimental, de tal forma que se elabore la guía de comparación utilizando una prenda inmediatamente después de fabricada la solución 50 – 50, la cual se va certificar en el Departamento de Aseguramiento de Calidad, ya que cumple con los requisitos del cliente. Esta será la guía de comparación, para posteriormente al analizarla con las unidades que se esprayen después de 6, 9 y 12 horas de residencia de la solución de permanganato de potasio. El estudio no puede extenderse más debido a que esta es la duración de los turnos de trabajo en la empresa, lo que dificulta el seguimiento del experimento en los cambios de turno laboral.

4. OBJETIVOS

General

Determinar la mejora de productividad en el Departamento de Producción, en el área de esprayado de permanganato de potasio al tener definido el tiempo óptimo de residencia de dicha solución en 50 -50 en la fábrica de pantalones de lona DMX, S. A.

Específicos

1. Establecer el tiempo óptimo de residencia de la solución de permanganato de potasio para la aplicación en pantalones de lona dentro de los horarios de 6, 9 y 12 horas.
2. Determinar el porcentaje de reducción de los reprocesos respecto al año 2013 por unidades de baja intensidad en la aplicación del permanganato de potasio.
3. Comparar con la operación del 2013 la disminución del costo real en la aplicación de la solución de permanganato de potasio a partir de la implementación de los resultados de este estudio y seguir la continuidad de la mejora en el proceso.

5. NECESIDADES A CUBRIR

Es importante reducir significativamente el porcentaje de reprocesos del área de permanganato de potasio, las principales causas de dichos problemas pueden ser:

- Solución no adecuada en condiciones y características (68 %)
- Desgaste manual (12 %)
- Lavado (9 %)
- Proceso de aplicación (6 %)

Estas causas son las principales y generan el 95 % de los rechazos del área que en promedio de los últimos 6 meses fue del 28 %, es decir que son el 26,6 % de los motivos de rechazo. Para este estudio corresponde al 19 % de la producción, por el tiempo de residencia de la solución de permanganato de potasio. Esto puede observarse en la figura 6.

Es necesario reducir el problema para mejorar la productividad del área.

6. ALCANCES

La investigación de campo se realizará en el área de permanganato de potasio, que es donde se aplica manualmente la solución a través de una pistola de aire comprimido. Esta prueba se llevará a cabo con la colaboración del Departamento de Aseguramiento de Calidad, pues se verificará en cada paso que se cumpla con lo solicitado por el cliente.

Las áreas involucradas en el proceso son:

El área de acabados especiales, en la que aplican un desgaste manual en las partes solicitadas por el cliente. Debido a que este desgaste es manual, a veces no cuenta con la intensidad solicitada ni con la consistencia necesaria, además los posibles errores de esta área se pueden reducir al aplicar el permanganato de potasio; razón por la cual se incluye en el proceso.

El área de lavandería es la que procesa el pantalón después de la aplicación del permanganato de potasio, aquí lo neutralizan además de hacer un lavado para terminar de dar la vista al pantalón. Este es básicamente el último paso, ya que a partir del lavado se le da a la prenda el acabado final, por lo que es indispensable la participación de esta área.

También está el área de terminaciones que, como su nombre lo indica, termina de preparar la prenda para su empaque y transporte.

Debe haber un líder para cada una de las áreas, quien propondrá mejoras que eviten los reprocesos posteriores a esta aplicación.

Toda la prueba se debe llevar a cabo con el liderazgo de la jefatura del área de potasio, pues ellos son los que deben reprocesar el producto sin importar en donde se cometió el error o la inconsistencia, la cual pudo ocurrir en la aplicación de desgaste manual, en la aplicación de permanganato de potasio o en el lavado. Aún con estas disposiciones la única solución factible es aplicar de nuevo las soluciones de permanganato de potasio y neutralizar la prenda para dar el efecto *vintage* deseado por el cliente.

El 23 % de las prendas rociadas con permanganato de potasio son rechazadas y reprocesadas por lo que está estimado que es como hacerlo de nuevo por eso se duplica el costo impactando en un 15 % en la unidad de producción.

La duración de la vida útil de la solución de permanganato de potasio es una de las posibles causas de error, aunque no se puede confirmar que es la única; por lo que se sugiere realizar estudios similares con las otras variables de este proceso.

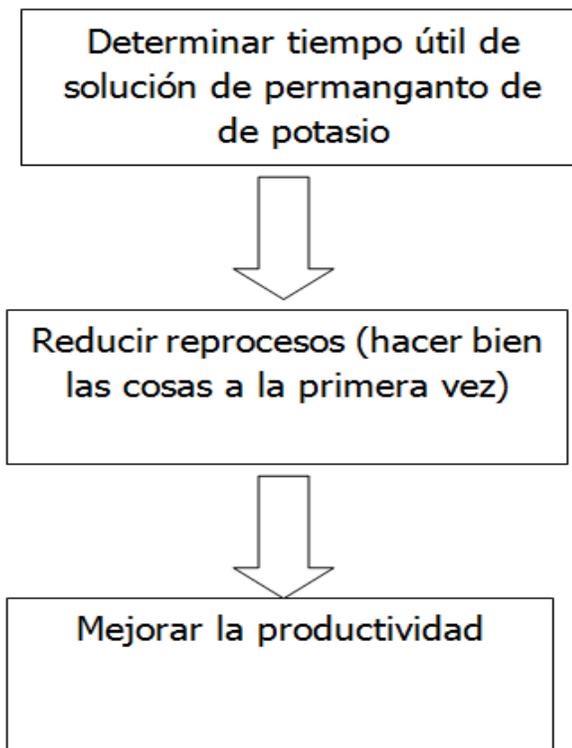
El alcance del presente estudio es, puntualmente, en el funcionamiento adecuado de la solución de permanganato de potasio que, en términos de proceso, se convierte en un insumo, el cual puede hacer perder recursos de materias primas de los procesos anteriores. No abarca los efectos en cambios de tela, en medidas ni en color de la prenda, únicamente el efecto creado por la aplicación de la solución llamada 50 – 50.

Este es el punto angular para la toma de decisiones posteriores, ya que con la determinación del tiempo útil de la solución de permanganato de potasio se solventa el 23 % de los problemas de retrasos y reprocesos durante toda la

ruta del procedimiento. A partir de los resultados de esta investigación se podrán tomar medidas y pruebas para solucionar los subsiguientes problemas.

La figura 1 es un esquema de solución a los problemas que conllevan a los reprocesos de la producción de los pantalones de lona.

Figura 1. **Diagrama de la mejora propuesta**



Fuente: elaboración propia.

7. HIPÓTESIS

Se espera confirmar un aumento de la productividad en el área de esprayado, durante la operación de aplicación de la solución de permanganato de potasio de la solución 50 – 50.

También se espera que la concentración de permanganato de potasio, llamada 50 – 50, tenga un mismo efecto tanto inmediatamente después de prepararla, como con 6, 9 o 12 horas de residencia. Afirmando así que las soluciones pueden realizar el mismo efecto *vintage* deseado con una espera de incluso 12 horas. El Departamento de Aseguramiento de Calidad es el encargado de realizar la auditoría visual correspondiente al final del experimento, ya que es el responsable de dictaminar la aceptación o rechazo de cada unidad.

La variable cualitativa que se debe cumplir es determinada por el auditor de calidad basándose en los estándares aprobados por el cliente, los cuales, usualmente, fueron realizados con la solución preparada y utilizada inmediatamente en la prenda. El auditor debe confirmar que la intensidad del efecto creado por el permanganato de potasio en el pantalón sea similar al del presentado en el estándar aprobado.

Esta variable irá acompañada de otras variables cuantitativas, que representan la concentración de la solución de permanganato de potasio en los horarios que se rociaron las piezas, obteniendo así una curva de concentración vs. tiempo.

8. MARCO TEÓRICO

La fabricación de pantalones de lona ha progresado en los últimos años de tal forma que ya no solo se unen partes para construir un pantalón, ahora se hacen efectos especiales, los cuales obedecen a la moda que depende del *look* de la prenda. Por eso, como primer paso se lavan para eliminar la parte de goma que utilizan los fabricantes de esta tela para poder manipularla adecuadamente. Luego se hacen efectos para generar una apariencia como si estuviera desgastado o usado, haciendo mayor énfasis en las áreas donde más se desgasta un pantalón de uso común: en los muslos, en la parte superior donde se arruga la prenda cuando una persona se sienta y en la parte trasera por desgaste al sentarse.

“El término acabado, se refiere al cambio de apariencia que se le hace a una prenda después de confeccionada. Entre los cambios de apariencia tenemos al principal que fue la degradación del color; paso de azul profundo a azul celeste” (Jara, 2012).

Para fundamentar el proceso y su gestión se detalla una de las herramientas utilizadas.

8.1. Calidad total

La calidad total es una filosofía administrativa y una metodología operativa, generando un conjunto de métodos y herramientas para el mejoramiento y la administración de los procesos, brindando soluciones permanentes que mejoren los costos, y velando por la satisfacción del cliente.

Se busca la calidad del producto a través de administrar los insumos utilizados para el mismo. Por otra parte esta investigación se basa en los objetivos de la calidad total.

- Bajar costo, uno de los resultados esperados es la mejora del 10 % del costo de esta operación en la empresa.
- Asegurar tiempos de entrega, con esta investigación se asegura no demoras en este proceso.
- Reducir el desperdicio y retrabajo. El interés básico de este experimento es reducir totalmente el desperdicio de soluciones de permanganato de potasio que no tengan las características necesarias para su aplicación así como reducir en un 82 % el porcentaje de producto reprocesado.

El enfoque de proceso es clave en esta investigación, ya que, como dictan los enfoques de la calidad total, es donde se encuentra el 85 % de los problemas. Dicho enfoque debe hacerse de forma automatizada y sistematizada.

8.2. Procesos

Se realiza un análisis general de los procesos para ejecutar los acabados especiales de los pantalones de lona. Los procesos vigentes de lavandería empleados para poder cumplir con las exigencias de la moda actual se pueden resumir en las siguientes formas de tratamiento.

Según algunos investigadores y desarrolladores de procesos estos se pueden distribuir en varios tipos de lavados, dependiendo de los efectos como de la manera en que se hacen pueden ser: de forma mecánica o química, incluso una combinación de ambos.

- *Stone wash* / lavado con piedra

“Piedra pómez más agua más enzimas celulasas más tiempo (1 - 10 horas). Dar envejecimiento o de uso en las prendas. Una pérdida homogénea de color es producida en la ropa dejando puntos más blancos aparecer en su superficie de manera aleatoria. El contraste de estos puntos blancos y la superficie azul, indica la intensidad del lavado. El efecto *stone* en el tejido es favorecido por dos características de teñido con hilo periférico. El hilo es envuelto por una camada de colorante y mantiene su centro sin color, al recibir acción mecánica muestra las partes del hilo que están blancas, haciendo aparecer un efecto en la tela” (Erhardt 1980).

- Baja solidez el lavado y a la fricción

Proporciona una caída uniforme del color, facilitando el proceso de envejecimiento o la apariencia de usado (llamado efecto *vintage* en algunas literaturas).

Los procesos con piedra fueron uno de los primeros procesos de *stone* y efectúan el desgaste del tejido por acción mecánica. La abrasividad sobre la superficie del tejido lleva una liberación de pequeñas fibrillas, que dan al tejido la suavidad conocida como paletización o piel de durazno. Esto también se conoce en la industria textil como un defecto de “píllin”, el cual se puede reducir por medio de tratamientos químicos con enzimas ácidas.

Aparecen otros productos que aumentan la abrasividad en el baño los cuales pueden ser químicos o minerales de baja granulación que son útiles en tejido fino (camisería).

- *Stone washed* / piedra y enzima

“Proporciona un alto efecto de envejecimiento en tiempos más cortos por la combinación de piedra y enzima” (Herrera, 2005).

- *Stone washed* / enzimas

“La enzima ataca la superficie de hilos de algodón, haciendo el colorante índigo escamarse” (Herrera, 2005).

Las enzimas más usadas son las ácidas ya que tienen una actividad muy fuerte sobre el algodón y para obtener un efecto de lavado se necesitan de 30 a 60 minutos, en un medio ácido de pH 4,5.

“En la industria textil se aplica tecnología biológica para modificar la apariencia final de los *jeans*. Lo cual se debe a que el gastado o envejecimiento ya no se fabrica mediante un prelavado con piedras sino con productos biológico” (Herrera, 2005).

Continuando con los acabados hechos con una combinación de efectos mecánicos con efectos químicos tenemos otros procesos conocidos en la industria textil. Algunos autores mencionan efectos de acabados que son muy similares, sin embargo las técnicas son diferentes, como los efectos de *stone*, *acid*, *rain*, nevado, etcétera, con estos la apariencia puede ser la misma, pero a

la hora de producirlos en escala industrial, algunos procesos son más ventajosos que otros.

- *Rain color / stone en seco*

“*Stone en seco* combina la acción mecánica del *stone* con un producto blanqueador (permanganato de potasio o hipoclorito de sodio) logrando un efecto *frosted* (nevado-nevado)” (González, 1999).

El procedimiento preferido en la industria textil para obtener este efecto nevado es: “se impregnan las piedras con el producto y luego se realiza el proceso en una tómbola de acero inoxidable o de madera; allí se produce una transferencia por contacto provocando el blanqueo del colorante en estos puntos. Se pueden lograr efectos más o menos fuertes, dependiendo las concentraciones del producto blanqueador” (González, 1999).

Existen también procesos que únicamente son realizados por el efecto ejercido por químicos.

- *Snow Bleach / degradación de color*

“Proceso que consiste en degradar totalmente el color con productos blanqueadores como el permanganato (para lycras) y el cloro para algodón 100 %. Requiere:

- Neutralizados para detener el efecto reductor.
- Blanqueo para evitar el amarillamiento de las prendas.

Nota:

No se debe combinar con otro proceso” (Herrera J. R., 2005).

Otros son derivados de procesos ya existentes que generan múltiples combinaciones del procedimiento y aplicaciones tanto de desgaste mecánico como desgaste químico en el lavado industrial.

- *Acid wash / lavado ácido*

“Piedra pómez más permanganato de potasio más tiempo. Las piezas son sometidas a un proceso de permanganato de potasio inmersión. Se logra un aspecto poroso en el color. Apariencia de nevado” (Herrera J. R., 2005).

- *Rain wash / lavado*

“Lluvia de piedra pómez más hipoclorito de sodio más tiempo. Las prendas son sometidas a un proceso de hipoclorito de sodio en inmersión. Se logra un aspecto poroso en el azul, azulado con puntitos” (Herrera J. R., 2005).

También se tiene la unión de procesos, es decir aplicar uno de los anteriores y posterior a eso aplicar uno nuevo, volviendo a combinar las abrasiones mecánicas y desgastes químicos.

- *Overdye / sobre teñido*

“Se tiñe la prenda antes o después del tratamiento para lograr efectos especiales de colorido” (Herrera J. R., 2005).

- *Dirty blasting* / succión por pigmentación

“Es la aplicación con pigmentos con una pistola de aire comprimido (aerógrafo) para lograr ensuciar o pigmentar localizadamente una prenda. Este proceso también permite hacer recubrimientos completos para lograr fondearlos y efectos de doble faz” (Herrera J. R., 2005).

También hay que considerar los procesos en seco que tienen dos tiempos de aplicación, una es con el pantalón rígido, es decir, como viene de su construcción sin ningún tratamiento en la tela y el engomado aplicado por los fabricantes para facilitar su manipulación. La otra opción es después de un primer lavado, en donde su objetivo es eliminar la capa de engomante y empezar a formar la idea final del acabado, posterior a esto se hace un acabado en seco y nuevamente se somete a otro lavado industrial para dar el acabado final, esto usualmente se hace en consenso con el cliente, ya que tiene mayor costo.

El lijado (figura 2) consiste en raspar la prenda con lija, colocada en un maniquí inflado, de tal forma que oponga resistencia y mecánicamente se desgaste la prenda en áreas específicas principalmente en los muslos y la parte trasera. Sin embargo, también pueden hacerse figuras llamadas *wiskers* con la apariencia de los dobleces con desgaste.

Figura 2. **Desgaste manual con lija**



Fuente: área de producción, planta de acabados en seco.

Uno de los problemas más grandes de la industria es estandarizar este tipo de acabados, ya que se realizan artesanalmente, es decir que una persona interactúa directamente en el proceso y depende de su destreza y constancia el hacer siempre exactamente lo mismo, lo cual es imposible. A esto se debe agregar que son varias personas las que realizan el mismo trabajo lo cual aumenta las variables a controlar. Como este es un proceso previo, se recomienda realizar un estudio para mejorar la estandarización y poder así continuar con el ciclo de Denim de mejora continua y la filosofía de Six Sigma, para reducir los desperdicios y reprocesos que conllevan a ingresar valor al producto que el cliente no está dispuesto a pagar.

- Procesos enzimáticos

Proceso con el que se obtiene un acabado similar al *stone wash*. En este se reemplaza la piedra pómez por un baño con enzimas que ataca el colorante

desprendiéndolo de la tela. “Enzima celulosa ácida. Se come el algodón neutralizado, se come el pillín” (González, 1999).

Las enzimas juegan un papel muy importante para los procesos, las enzimas ácidas (actúan a pH ácidos) permiten un acabado más fino, por lo que hay que considerar su uso en casi todos los lavados que se apliquen como último paso, ya que eliminan el defecto llamado piel de durazno.

- *Oxiprint*

“Es una pasta base agua y de permanganato de color vino tinto que se puede aplicar manualmente. Las telas a utilizar son algodón poliéster y con licra. La función del producto es decolorar la prenda, se deja secar, no hay que termo fijar, se seca al ambiente, a parte se prepara una solución de agua con neutralizante con una proporción de 1:20, 1 litro de agua x 20 centímetros cúbicos de neutralizante. Se sumerge la prenda por 5 minutos o más en el neutralizante. Se frota con un cepillo suave y se enjuaga” (Erhardt, 1980).

Hay otras aplicaciones que necesitan de curado para limitar el tiempo de acción de los químicos implicados, de lo contrario se pueden tener problemas con las pruebas de laboratorio de resistencia física o desgaste, provocando rechazo y producto descartable.

- *Devoré*

“Es una pasta base agua que se utiliza sobre una tela en algodón poliéster donde se aplica el producto y estando húmedo se teflona con la pistola. La pasta devoré quema algodón, lo carboniza, después se humedece en el agua hasta que salga” (Erhardt, 1980).

Dentro de los lavados para lograr los acabados requeridos también se encuentran los que son con efecto mecánico sobre la pieza de forma manual.

- *Sandwash* / lavado de arena

“En lugar de utilizar la piedra se utiliza la arena limpia que queda en otros procesos. Resulta un efecto más limpio y uniforme en el desgaste” (Bauab, 2001).

Figura 3. **Ingresando las piezas para lavar con arena**



Fuente: área de lavandería de la empresa.

Se ha llegado a más detalle en cada uno de los procesos, especificando claramente el tipo de instrumentos a utilizar.

- *Sand paper* / lijado

“Método que se utiliza la lija de agua de espesor entre 320 y 160. Procedimiento: debe ser aplicada directamente por el operador sobre la pieza a

ser procesada, previamente fijada en una base o en aparatos que inflen. El lijado normalmente es efectuado sobre la pieza en crudo, antes de que cualquier otro proceso, sin embargo hay algunos efectos que requieren la lija en otras etapas” (Cabrera, 2009).

Los procesos más antiguos, que sin embargo siguen teniendo éxito en la moda, son los que utilizan cloro como agente blanqueador. En estos procesos se trata de aplicar mejora continua, de tal forma que a pesar de ser procesos antiguos, se busca la manera de hacerlos de forma que bajen los costos, por ejemplo, usar menos temperaturas, agentes aceleradores de la reacción para tener menos tiempo de exposición, mejorar la cantidad de los *batches*, etc.

- *Bleach* / Blanqueo

“Consiste en desatar el contraste del hilo de trama blanco con el hilo de urdimbre azul, al sacar los residuos de colorantes y suciedades de la pieza confeccionada. La temperatura es variada de 70 a 90 grados Celsius, dependiendo del grado de limpieza que queramos lograr. A mayor temperatura mayor encogimiento pero con un alto grado de limpieza” (Erhardt, 1980).

- *Stone bleach* / blanqueo con piedra

“Se agrega piedra pómez al proceso de blanqueo, para dar además un efecto de desgaste en la prenda. Para telas livianas es reemplazada la piedra por enzimas para dar un efecto similar con un tacto más suave” (Erhardt, 1980).

Algunos métodos también han sido discontinuados, varios por el daño que puede producir a los operarios, por lo que las marcas internacionales han prohibido la continuidad de dichos procesos como por ejemplo:

- *Sandblasting*

“Es el proceso que se utiliza para imitar los desgastes que se forman en la pieza durante su uso. Está localizado en muslos, cierres, bolsillos, etc., por vía química o física sobre la prenda. El sistema más utilizado se realiza a través de una pistola de aire comprimido (aerógrafo) o cepillos con permanganato de potasio (acabado más blanco) o hipoclorito de sodio (acabado amarilloso). La intensidad del efecto es determinado por la concentración del baño de permanganato. El chorreo hecho con pistola de aire debe ser regular y sin salpicaduras, aplicándose generalmente en piezas ya estonadas y secas sin pliegues o arrugas. Único que se hace ante de desengome” (Jara, 2012).

“Dentro de las técnicas desarrolladas para estos efectos está el PP *Spray*: desgaste localizado a base de permanganato de potasio aplicado en las regiones de la prenda donde se desea el efecto” (Jara, 2012).

Uno de los acabados más solicitados por el mercado es el *stone wash*, el cual se produce con varias técnicas dentro de ellas la abrasión mecánica, o por medio de químicos, incluso combinación de ambas técnicas.

“*Stone wash* este tipo de desgaste de *jeans* es el más solicitado por los clientes de nuestro mercado puesto que el acabado final es un *jeans* desgastado y decolorado con un tono celeste. Además en este proceso los insumos a utilizar son fáciles de conseguir y son poco agresivos contra el ser humano y no podemos dejar de lado que es un proceso fácil y sencillo que se puede realizar industrialmente” (Jara, 2012).

Por su facilidad de aplicación se utilizan los métodos de desgaste con piedra y con químicos.

“Métodos preferidos para obtener el aspecto de envejecimiento, uso y abuso. Incluye el lavado a la piedra del tejido. El lavado a la piedra consiste en poner en contacto una prenda de vestir o tejido dentro de una cuba con piedras pómez cuyo tamaño de partícula, está entre 25,4 y 254 milímetros y con unas piedras más pequeñas que se forman por la naturaleza abrasiva del proceso.

La abrasión consiste en frotar la tela, para disminuir el colorante índigo, utilizando diferentes herramientas; tales como el cepillo Industrial, que se utiliza para lograr manchas en piezas grandes, se hace en prendas sin desengomar.

La prenda sometida a una “metralla” de arena (No. 180-200), para provocar un aspecto de desgaste en algunas aéreas; es un proceso más rápido y fuerte que el desgaste manual por lija. Sin embargo es uno de los procesos que las marcas grandes y de prestigio no aceptan como buena práctica de manufactura, ya que provoca problemas de salud a las personas que hacen esta aplicación, por lo que han derivado sus productos a otro tipo de procesos” (Erhardt, 1980).

El desgaste localizado que se hace manualmente en los espacios donde no cubre el chorro de arena o el cepillo industrial, dando formas de líneas de quiebre, llamados bigotes, utiliza lijas de grano desde 100 a 220 de espesor.

Otras aplicaciones de oxidación del índigo son:

“Se conoce también como esponja. Es un proceso de oxidación provocado por la aplicación de permanganato de potasio sobre la zona deseada; también se puede aplicar en spray. Por ser un lavado fuerte la prenda es menos duradera” (Jara, 2012).

Algunas de las técnicas son uniones de ambas, por ejemplo en la misma prenda puede hacerse desgaste manual con lija, además de desgaste con esponja con permanganato de potasio, así como lavado con piedra y además permanganato esprayado en las áreas deseadas.

“En el 2012 se está impregnando el material con agentes decolorantes como el permanganato de potasio” (Galvis, 2012).

Estas impregnaciones se realizan de varias formas, algunas en seco y otras en el lavado industrial. Por ejemplo se puede aplicar con un trapo o esponja en lugares localizados, se puede esprayar con pistola de aire a presión, así como lavarlo con piedra pómez impregnada de permanganato de potasio y también se puede aplicar en el lavado mezclado con agua para hacer un efecto similar al que realiza el cloro, pero con un color más blanco.

Figura 4. **Maniquí para rociar permanganato de potasio**



Fuente: área de esprayado de potasio de la empresa.

Para degradar el color que originalmente trae la tela de lona o mezclilla, se utilizan varias técnicas, unas son de desgaste manual, otras con lavado de cloro, así como la aplicación de permanganato de potasio (figura 4), que se utiliza durante el proceso de acabado especial en la fabricación de pantalones de lona para poder dar el *look* deseado de desgaste por uso en la prenda. “El permanganato de potasio, es un agente blanqueador de algodón, el cual degrada el colorante en telas de algodón” (Mexico, 2011).

“Estos procesos, usualmente se hacen manualmente, con desgaste a través de lija, en las áreas deseadas” (Paulina Escalona Ross, 2011) y posterior a eso se aplica el permanganato de potasio (KMnO_4) para blanquear el área, sin embargo, depende de lo solicitado por el cliente en cada lavado.

No siempre se solicita el mismo nivel de blanqueado, esto va de la mano con el grado de desgaste manual con lija aplicado en las áreas respectivas, esto lleva a una variación natural del proceso la cual se debe de estandarizar. Para ello, se determina la aplicación del permanganato de potasio, ya que esto nivela la apariencia total del pantalón, proporcionando el *look* que se desea pues a pesar de estar desgastada la pieza, se debe de ver un nivel de blanqueo como parte de ese desgaste natural de la prenda, “independientemente del método utilizado para producir desgaste, se estima que el lavado de transformación es igual a 25 lavadas en casa” (Galvis, 2012).

Para confirmar el proceso, hay que hacer pruebas para determinar la concentración de permanganato de potasio a utilizar en la prenda, se aplica con pistola de aire comprimido similar a la aplicación de pintura, para regular y hacerlo de forma más uniforme. Una vez realizadas las pruebas se define la concentración y la frecuencia de aplicación, posterior a esto, se lava la prenda, para neutralizar el permanganato de potasio y terminar de dar el *look* de

desgastado o usado, “un profundo enjuague se necesita para eliminar el exceso” (Galvis, 2012).

Figuras en desgaste, es actualmente una de las modas más utilizadas, pues buscan incluso tener manchas de degradado del color, similar a las manchas de salpicaduras de cloro en lavados caseros.

Las figuras las determinan los dueños de las marcas, teniendo en consideración las tendencias de la vestimenta, sin embargo hay que recordar que estas figuras son realizadas a mano, por lo que la estandarización de estos procesos es bastante complicada.

Posterior al desgaste manual, se aplican agentes decolorantes como el permanganato de potasio, el cual decolora los alrededores y las áreas desgastadas manualmente, para dar la impresión de que el desgaste se realizó por el uso de la prenda, es por ello que el grado de decoloración es diferente en cada lavado (figura 5).

Figura 5. Pantalón con permanganato de potasio del lado izquierdo y pantalón neutralizado terminado del lado derecho



Fuente: área de sprayado de potasio de la empresa.

Para lograr estos efectos, se pueden hacer de varias formas. “Eliminación parcial o total del colorante índigo. Este proceso se puede hacer de dos formas:

- Por abrasión: consiste en frotar la tela, para disminuir el colorante índigo, utilizando diferentes herramientas.
- Por lavado: consiste en aplicar la tela a humedad con distintos químicos, sustancias y herramientas” (Galvis, 2012).

“El proceso que combina la acción mecánica del *stone* con un producto blanqueador (permanganato de potasio o hipoclorito de sodio) logrando un efecto *frosted* (nevado-nevado). Procedimiento:

- Degradación del color: proceso que consiste en degradar totalmente el color con productos blanqueadores como el permanganato (para lycras) y el cloro para algodón 100 %. Requiere:
 - Neutralizadores para detener el efecto reductor.
 - Blanqueo para evitar el amarillento de las prendas.

Nota: para procesos no industriales, no se debe combinar con otros procesos” (Galvis, 2012).

Como parte del enfoque de calidad total en esta investigación, se debe considerar disminuir los costos a causa de la mala calidad.

“Como parte integral de la metodología Six Sigma, para el ahorro de costos por baja calidad, se trabaja en los componentes básicos de dicha metodología.

- Definir el producto y servicio
- Identificar los requisitos de los clientes
- Comparar los requisitos con los productos
- Describir el proceso
- Implementar el proceso
- Medir la calidad y producto” (Charles, Jackson, & Lawrence, 2001).

Este estudio se limitará al proceso de esprayado de permanganato de potasio, donde en dicho proceso se realizará la revisión y ejecución de estos 6 puntos solicitados por Six Sigma.

La reducción de costos del área se observará paulatinamente según se vaya implementando la fabricación de la cantidad de solución necesaria para el turno operativo, con esto, el desperdicio de solución se podrá observar de inmediato. Sin embargo el efecto en los rechazos será más demorado y no será del 100 % (ver tabla I), pues este es solo uno de los motivos, aunque no es el total del mismo.

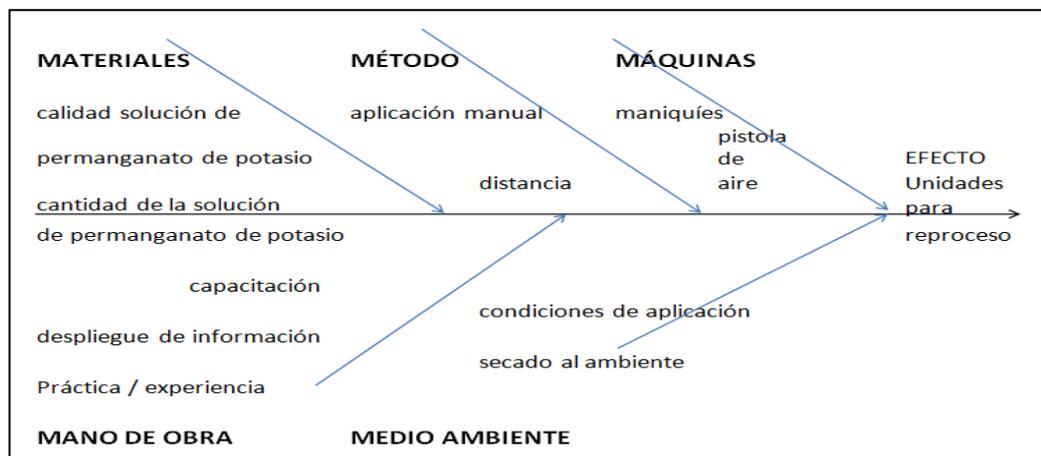
En un diagrama de Ishikawa (figura 6) se puede identificar que se está atacando la causa que está dando más problemas en esta área o en dicho motivo de rechazo.

Tabla I. **Porcentajes de rechazo**

Solución	Utilización	Rechazo	Rechazo por el decolorado intenso	Rechazo por leve decolorado	Porcentajes del total de unidades
50 - 50	70 %	28 %	5 %	23 %	16 %
Otras	30 %	28 %	5 %	23 %	7 %
TOTAL	100 %				23 %

Fuente: elaboración propia, con base a las auditorías del 2013.

Figura 6. **Diagrama de Ishikawa**



Fuente: elaboración propia.

Este estudio impactará sobre el 70 % del producto rechazado por intensidad leve, no así sobre el restante 30 % que utiliza otras concentraciones

de permanganato de potasio, lo que refiere a un 16 % del total de unidades reprocesadas en el área.

Se recomienda hacer estudios similares al presente para las otras concentraciones que se utilizan, tomando como base los resultados de la actual investigación, ya que las horas de vencimiento de otras soluciones con diferentes concentraciones de permanganato de potasio oscilan cerca del tiempo de este estudio, reduciendo con ello el margen de error del otro 30 %.

Esta investigación solamente se realizan pruebas para una de las soluciones que se utilizan en el proceso, sin embargo este modelo experimental puede usarse para las otras soluciones de permanganato de potasio para validar su tiempo de duración y reducir aún más los rechazos del área.

8.3. Ciclo Deming

- Orientación al producto, para ello se va a trabajar directamente en el mismo, buscando la sistematización para hacerlo estandarizado y consistente.
- Orientación al cliente, esto mejorará los tiempos de entrega actuales ya que el 80 % de los rechazos por aplicación de potasio, es por este defecto, lo cual conlleva a reprocesos que hacen que no se completen las ordenes en tiempo.
- Orientación al control del proceso, se está agregando una variable más a controlar, lo que permitirá el buen funcionamiento del proceso.

- Orientación a la mejora, como parte de la mejora continua que debe estar sometido todo proceso en la fabricación.

Se tienen aplicaciones manuales, las cuales son difíciles de estandarizar, debido a que todo depende del operario y se complica cuando se utilizan muchos operarios.

8.4. Metodología Lean Six Sigma

Como parte integral de la metodología Six Sigma, para el ahorro de costos por baja calidad, se trabaja en los componentes básicos que son:

- Definir el producto y servicio
- Identificar los requisitos de los clientes
- Comparar los requisitos con los productos
- Describir el proceso
- Implementar el proceso
- Medir la calidad y producto

En esta investigación se empieza por los primeros 4 puntos, esperando resultados para poder cubrir los 2 restantes, esto representa una sustancial mejora en los costos de la baja calidad. Según encuestas en Latinoamérica las empresas que no han implementado Six Sigma en sus procesos ocupan el 10 % de sus ganancias en reprocesos, mientras que las empresas que lo han implementado únicamente invierten el 1 % de sus ganancias en la baja calidad.

Algunas de las herramientas que utiliza esta metodología, son los diagramas de flujo, diagramas de Ishikawa y gráficos de control, siendo estos

últimos los que se pretenden implementar cuando se determine el horario óptimo de la residencia de la solución de permanganato de potasio.

Esta metodología, implica mucha precisión y mejora continua, identificando el problema principal como un desperdicio de:

- Materiales
- Reproceso
- Tiempo
- Tráfico

Como recomendación, al terminar este estudio se debe continuar en el círculo de esta metodología, aplicando DMAIC para seguir con la mejora continua y nuevas investigaciones que aumenten la productividad y disminuyan el costo de las operaciones.

8.5. La gestión del recurso humano

Para estas operaciones es indispensable tener el recurso humano calificado y capacitado en varios aspectos del proceso, desde el concepto que demanda el cliente hasta la forma de hacer la operación, por lo que la constante capacitación del personal y la buena selección de los nuevos operarios es clave para este proceso.

También debe tomarse en cuenta el resguardo legal de dichas contrataciones, así como la seguridad e higiene de las áreas, ya que por ser un proceso manual y masivo, es necesario utilizar todos los implementos de seguridad como mascarillas, guantes, overol y lentes protectores. Se debe

contar con la capacitación adecuada de cómo se deben utilizar estos artículos y el beneficio de usar los mismos.

La buena gestión del recurso humano genera varios tipos de beneficios, como el legal, el cual es obligatorio; el comercial, debido a que las marcas de prestigio de pantalones exigen normas de seguridad laboral a sus fabricantes y por último el netamente relacional, pues los operarios al ver que la compañía busca el buen resguardo de su salud se sienten identificados con la misma.

9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES GENERALES

- 1.1. Aspectos generales de la empresa
 - 1.1.1. Historia
 - 1.1.2. Misión y Visión
 - 1.1.3. Procesos de acabados especiales
- 1.2. Proceso objeto de estudio
 - 1.2.1. Definición del problema
 - 1.2.2. Diagrama Causa y Efecto
 - 1.2.3. Diagrama de Pareto
 - 1.2.4. Análisis de procesos
 - 1.2.5. Costos de la mala calidad

2. PROPUESTA DE MEJORA

- 2.1. Análisis de mejora continua
 - 2.1.1. Análisis VSM
 - 2.1.2. Six Sigma

- 2.2. Aplicación de la solución de permanganato de potasio (KMnO_4)
 - 2.2.1. Concentración de la solución a utilizar
 - 2.2.2. Tiempos de duración de la solución
- 2.3. Neutralizado de permanganato de potasio (KMnO_4)
 - 2.3.1. Concentración para el neutralizado
 - 2.3.2. Tiempo de espera para neutralizar
- 2.4. Evaluación de la propuesta de mejora
 - 2.4.1. Resultados
 - 2.4.2. Comparación situación anterior *versus* situación actual
 - 2.4.3. Selección alternativa

- 3. EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA PROPUESTA DE MEJORA
 - 3.1. Estudio de viabilidad técnica
 - 3.2. Estudio de viabilidad financiera
 - 3.3. Implementación como procedimiento

- 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

10. METODOLOGÍA

10.1. Diseño y tipo de investigación

Durante el 2013 en la planta de DMX, S. A., ubicada en la zona 7 de la ciudad de Guatemala, se elaboraron unidades de pantalones de lona que tienen desgaste manual y aplicación de permanganato de potasio, para dar el *look vintage* que los consumidores están demandando.

Se ha confirmado que en la mayoría de estos estilos el 70 %, utiliza una solución de permanganato de potasio llamada 50 – 50. El 30 % de estos productos son rechazados, y de ese porcentaje la mayoría (80 %) por la intensidad del permanganato de potasio, ya sea por leve (75 %) o por intensa (25 %). Sin embargo el 60 % de lo rechazado por apariencia intensa es por productos que se vieron leves y al reprocesarlos se dejaron intensos, es decir que, la mayoría radica en lo leve, que provoca una solución que pierda la potencia requerida para oxidar el índigo en la prenda.

Reportes de los primeros 6 meses del 2013 de producción, indican un promedio de rechazos del 28 % de lo procesado, compuesto por el 23 % por baja intensidad del acabado y el 5 % de alta intensidad. El presente estudio se desarrolla para optimizar los procesos y evitar la baja intensidad del decoloramiento, es decir reducir el 23 % de rechazos.

10.2. Variables e indicadores

Las variables e indicadores definidos para la investigación son las siguientes:

Tabla II. Variables e indicadores

Variable	Indicador	Tipo	Observaciones
Apariencia	Intensidad	Cualitativa	Inspección Visual
Tiempo de residencia	Horas	Cuantitativa	Se espera tener como resultado que las soluciones con 12 horas de tiempo de residencia sea efectiva en la aplicación de la solución de permanganato de potasio
Cantidad aplicada	Mililitros	Cuantitativa	En un máximo 50 mililitros por unidad.
Intensidad del <u>decoloramiento</u>	Fuerte, intermedia y leve	Cualitativa	Inspección visual
Rechazos	Porcentaje	Cuantitativa	Se espera una mejora del 60 % en los rechazos por apariencia leve
Cantidad de solución desperdiciada	Mililitros	Cualitativa	Se espera reducir a 0 %

Fuente: elaboración propia.

10.3. Metodología

El estudio propuesto es de tipo mixto, pues correlaciona la variable cualitativa como la intensidad con la variable cuantitativa del horario de residencia de la solución de permanganato de potasio 50 – 50. Se realizará en

el campo de aplicación, ya que es la única forma de confirmar que se esté utilizando la concentración designada, en las cantidades adecuadas, las cuales, no son variables en este estudio, por otra parte se deberá rotular e identificar adecuadamente los contenedores, con su respectivo tiempo de residencia para su posterior aplicación.

La aplicación la realizará el área de producción del área de potasio, con el mismo operario, para minimizar las posibles variaciones por aplicación.

Como paso número uno, se determinará el estándar para su comparación, este saldrá del siguiente proceso.

Se prepara la solución de permanganato solicitada y se rotula con la hora en que fue preparada, ya que la misma solución se utilizará para todas las muestras, e inmediatamente después de terminar la preparación de la misma. se lleva al área de potasio para su aplicación inmediata. Se aplicará a tres piezas, las cuales se enviarán posteriormente a su proceso de neutralización del potasio en lavadora. Una vez neutralizadas, estas se comparan con el estándar del producto, se debe confirmar que dichas piezas queden en los rangos de aceptación de calidad respecto al estándar de este lavado.

Estas piezas, una vez aprobadas por el Departamento de Control de Calidad, serán la base de comparación para las siguientes muestras a las que se les aplicará el permanganato de potasio de la siguiente forma:

- Muestra 1: 3 unidades, 6 horas después de la preparación de la solución.
- Muestra 2: 3 unidades, 9 horas después de la preparación de la solución.

- Muestra 3: 3 unidades, 12 horas después de la preparación de la solución.

Todas las muestras se enviarán a neutralizar inmediatamente después de su aplicación, para reducir la variabilidad de espera una vez aplicada la solución de permanganato de potasio.

Este proceso se repetirá en otros 3 turnos de trabajo, para obtener más datos y consistencia en los resultados. Obteniendo así, 12 unidades por cada uno de los horarios designados, con un total de 36 unidades.

Además se titularán las soluciones en cada aplicación, es decir, una titulación por cada horario en cada turno, haciendo un total de 12 datos, esto arrojará la concentración efectiva de la solución de permanganato de potasio. En ese momento, se determinará y se comparará con la titulación inicial, el cual debe corresponder a los 11,5 gramos de permanganato de potasio por litro de solución.

Cada una de las muestras se rotulará con el horario y el turno, en que fue aplicada la solución, para mantener un control efectivo sobre los diferentes horarios utilizados en este experimento.

Por último, se unirán todas las muestras y se compararán con las piezas que se aplicaron inicialmente como base y control de calidad deberá de determinar cuáles de estas son aceptadas, así como la documentación del horario de las piezas aceptadas. Se tomarán fotografías de las muestras obtenidas al lado de la pieza base, para retener la comparación, así mismo se adjuntará con gráfica de la concentración que arrojen los resultados de la titulación, la cual se realizará de la siguiente manera:

- Preparar la solución de ácido sulfúrico 1N, para esto se tomará en un balón de 1 000 mL y llenar aproximadamente con 500 mL de agua, agregar lentamente al agua 45 mL de ácido sulfúrico concentrado y terminar de aforar con agua.
- Pesar 0,1 gramos de oxalato de sodio y agregarlos en un erlenmeyer.
- Agregar 50 mL de ácido sulfúrico en el erlenmeyer que contiene el oxalato.
- Agregar en la bureta la alícuota de permanganato de potasio extraída en el área de potasio.
- Calentar la solución de oxalato hasta 70 grados Celsius.
- Titular la solución de oxalato con la de permanganato. Para realizar la titulación agregar la primera gota de permanganato y esperar que esta pierda su color violeta, luego seguir agregando permanganato hasta el punto en el cual la solución que se titula se torne de un color rosa tenue. (punto final de la titulación, debido al exceso de permanganato).
- Determinar cuánto volumen de permanganato se utilizó, para que la solución de permanganato hiciera reacción con los oxalatos.
- Determinar cuál es la concentración de permanganato de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla III. **Concentraciones de permanganato de potasio**

Concentración	<u>mL</u> utilizados
Madre	1,5 – 1,6
50-50	3,3 – 3,5
2-1	5,1 – 5,7
3-1	6,9 – 7,5
4-1	8,8 – 9,4

Fuente: elaboración propia, manual de soluciones de potasio.

Esta titulación generará una gráfica de concentración en eje y, así como horas de haber sido producida en el eje x, por lo que se podrá observar gráficamente si existe un deterioro en la solución al alcanzar las 12 horas de la prueba con máximo horario.

El proceso de experimentación se llevará a cabo en los meses de marzo y abril del 2014, para hacer una planificación adecuada del estilo en que se realizará la prueba e involucrar a las áreas y personas pertinentes para tener y documentar adecuadamente los resultados del mismo.

10.5. Secuencia del estudio

La medición se realizará a través de aseguramiento de calidad, llevándose a cabo en varias fases, esto consiste en comparación cualitativa y medición cuantitativa de mejora consistente.

Las fases se decidieron por las etapas de planificación definiéndose un estándar de comparación, ejecución, auditoría y por último los resultados de la implementación del horario que se determinó en este experimento como el tiempo más adecuado de residencia de la solución.

Esta investigación se subdividirá en fases, las cuales consisten en:

- Fase I: comunicación, explicación y divulgación de la información en las áreas incluidas, estas deben ser, planificación, manufactura, bodega, producción, calidad y costos, determinando cual es el rol de cada una de las mismas, que se espera como resultados, hacer el cronograma de la experimentación y determinar las fechas clave, el resultado de esta fase será la planificación, con fechas, responsables y el estilo en que se realizará la prueba.
- Fase II: fabricar la concentración designada (50 – 50), esto se realiza el área de manufactura, quien debe certificar la realización de la concentración adecuada. El Departamento de Aseguramiento de Calidad, deberá confirmar y certificar la correcta fabricación y rotulación de las concentraciones.
- Fase III: aplicación de permanganato inicial, esta se realizará inmediatamente después de realizada la concentración, se neutralizará y será la guía, para comparar con los demás horarios de aplicación, esta va a ser el estándar de este experimento.
- Fase IV: ejecución de cada una de las pruebas, las cuales serán a las 6, 9 y 12 horas, estas se neutralizaran independientemente e

inmediatamente de su aplicación, se etiquetaran con su horario respectivo para su comparación final.

- Fase V: el día siguiente se llevará la comparación de cada una de las pruebas comparada con la estándar o guía que se identificó en la fase III. Se observarán las variables cualitativas, a través del Departamento de Aseguramiento de Calidad para su aprobación, estas son apariencia y forma, esto revelará de forma inmediata la aprobación de la aplicación con el tiempo de residencia estipulado durante los 3 horarios designados, que son 6, 9 y 12 horas, para cubrir lo que se refiere a un turno de trabajo (12 horas).
- Fase VI: esta fase consiste en la recopilación de la información de los rechazos obtenidos durante el primer mes después de implementar el procedimiento, esto para llevar un control de cumplimiento de la hipótesis de mejorar la productividad del área.
- Fase VII: con base en los datos recopilados, ya instaurado el procedimiento de cumplimiento del horario de residencia, se procederá a evaluar la reducción del porcentaje de reprocesos por baja intensidad.
- Fase VIII: se calculará la mejora en el costo unitario comparado con el primer semestre del 2013.

10.6. Resultados esperados

De acuerdo con la metodología propuesta para esta investigación, se pretende determinar lo siguiente:

- Mejorar la productividad del área de permanganato de potasio.
- La concentración 50 – 50, de permanganato de potasio tiene una duración estable de 12 horas de residencia, para el uso de aplicación sobre pantalones de lona.
- Reducir la cantidad de reprocesos por baja intensidad debido a la aplicación de permanganato de potasio.
- Mejorar el costo unitario real de fabricación.

10.7. Universo y muestra

- Universo

Son todos los pantalones de lona que solicitan efecto desgastado, con proceso en seco de desgaste mecánico y desgaste químico que se producen en la fábrica de pantalones de lona DMX, S. A.

- Muestra

La muestra se tomará aleatoriamente de los productos que se produzcan durante el mes de julio y agosto del 2013 de las producciones del universo.

11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La técnica de análisis de información se hará desarrollando un histograma de frecuencias para cada uno de los horarios de estudio, así como un diagrama de control que especifique los que están arriba del rango de intensidad (alta, aceptable, leve), para cada uno de los horarios.

Con un análisis comparativo y cualitativo, entre las unidades que se realizó el experimento con las unidades de estándar aprobado por el cliente, de las cuales se compararán puntualmente lo siguiente:

- La figura del desgaste
- La intensidad del desgaste
- El color del desgaste
- La intensidad del desgaste manual

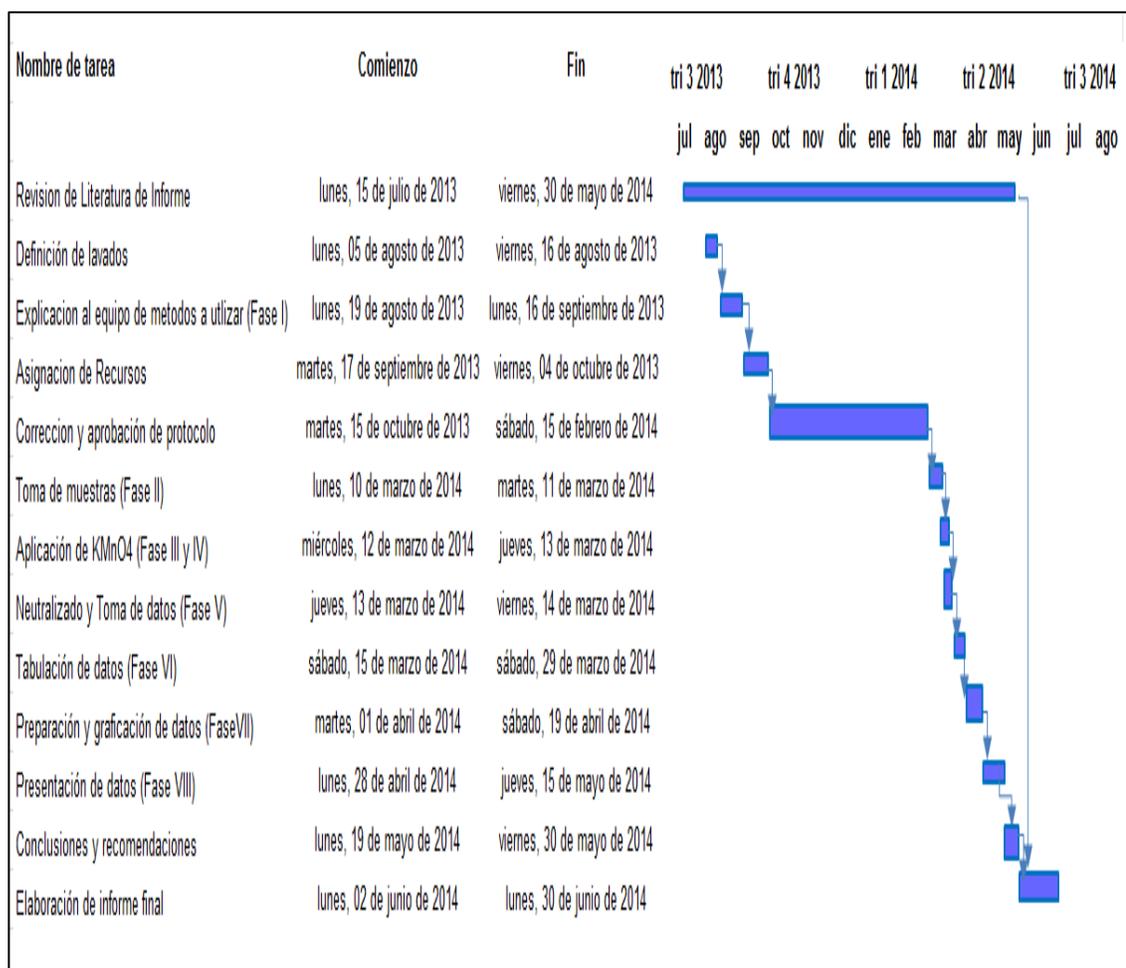
Para ello se recurrirá a un auditor del Departamento de Aseguramiento de Calidad, para que determine tanto las piezas guías como las realizadas en cada uno de los horarios de 6, 9 y 12 horas respectivamente.

Para la medición de los beneficios a largo plazo, después de los resultados obtenidos, donde se determinará debidamente identificado cual es el tiempo de residencia que es óptimo para la utilización de solución 50 – 50 de permanganato de potasio, se tomarán datos de los rechazos por este motivo durante el primer mes, el tiempo de residencia, con lo cual se tabulará los motivos atribuibles a los rechazos para verificar que este motivo se redujo al menos en un 60 %.

12. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El seguimiento de las actividades encaminadas al logro de los objetivos establecidos, se describen en el siguiente cronograma.

Figura 7. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

13.1. Acceso a la información

La información será generada experimentalmente a lo largo del estudio bajo supervisión del maestrando y se tendrá acceso a estos registros para su análisis e interpretación disponiendo de recurso humano, maquinaria, equipo, materiales, instalaciones e insumos de la empresa.

13.2. Disponibilidad de recursos

La disponibilidad de recursos se analiza en las tablas IV, y V.

Tabla IV. Disponibilidad de recurso humano requerido

Staff involucrado en decisiones	Cantidad
Coordinador de producción de potasio	1
Operario de manufactura	1
Operario de <u>esprayado</u>	1
auditor de calidad	1
Recolector de datos	1
Jefe de producción	1
<u>Maestrando</u>	1
Asesor de investigación	1
TOTAL	8

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Recursos físicos e insumos

Staff involucrado en decisiones	Cantidad
Coordinador de producción de potasio	1
Operario de manufactura	1
Operario de <u>esprayado</u>	1
auditor de calidad	1
Recolector de datos	1
Jefe de producción	1
<u>Maestrando</u>	1
Asesor de investigación	1
TOTAL	8

Fuente: elaboración propia.

13.3. Inversión requerida

La inversión requerida para la realización del estudio de investigación aparece detallada a continuación en la tabla VI.

Tabla VI. **Inversión requerida**

RUBRO	MONTO (Q)
Pantalones a utilizar (12)	1 920,00
Costo de operación de <u>esprayado</u>	28,00
Operario	83,00
Costo Instalación, equipo y maquinaria	1 000,00
Staff involucrado en la decisión	4 000,00
Toma de datos posteriores	2 500,00
Investigador	4 000,00
Asesor	2 500,00
TOTAL DEL COSTO	16 031,00

Fuente: elaboración propia.

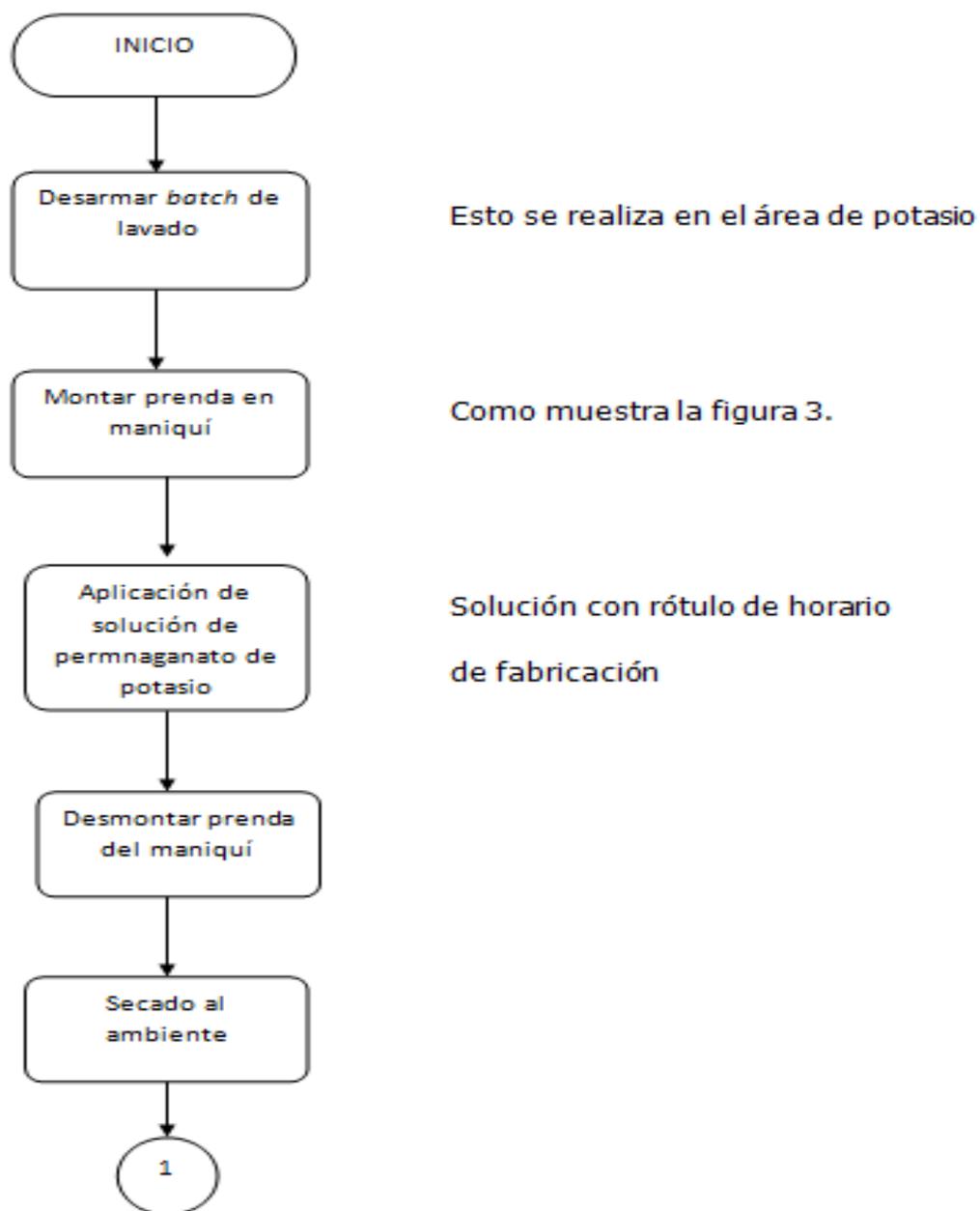
14. BIBLIOGRAFÍA

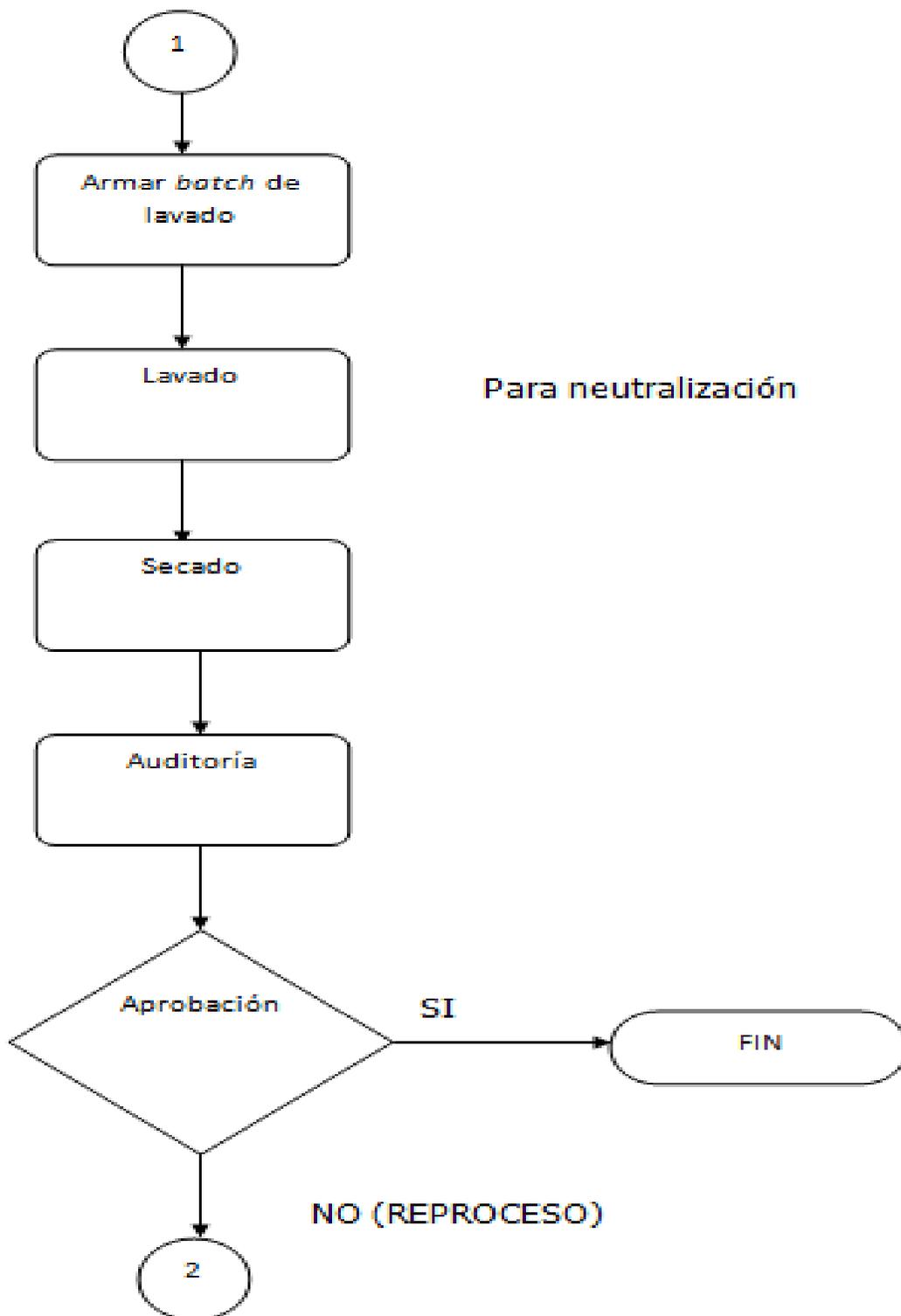
1. AATCC. (2001). *Value added innovations in garment wet procesing technology*. North Carolina: AATCC.
2. Bauab, C.V. (2001). *Lavador Índigos y brines*. Brasil: Autor.
3. Cabrera, C.E. (2009). *Estandarización de un proceso de manufactura de arrugas en tercera dimensión (WH3D) en pantalones de lona, utilizando resina glioxálica*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
4. Charles, A., Jackson, S., & Lawrence, K. (2001). *Quality Management for industrial process*. Estados Unidos: Autor. Recuperado de <http://www.qualitymanagement.usa.edu>
5. Erhardt, T. (1980). *Tecnología textil básica*. México: Trillas.
6. Galvis, I. (2012). *Diseño moda*. Santander: Autor. Recuperado de <http://www.disenomoda.co:www.diseñomoda.co>
7. González, R. E. (1999). *Estudio comparativo en la aplicación de celulasas ácida y neutra, en el paso de abrasión en un proceso de lavado industrial a pantalones de mezclilla con piedra pómez*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

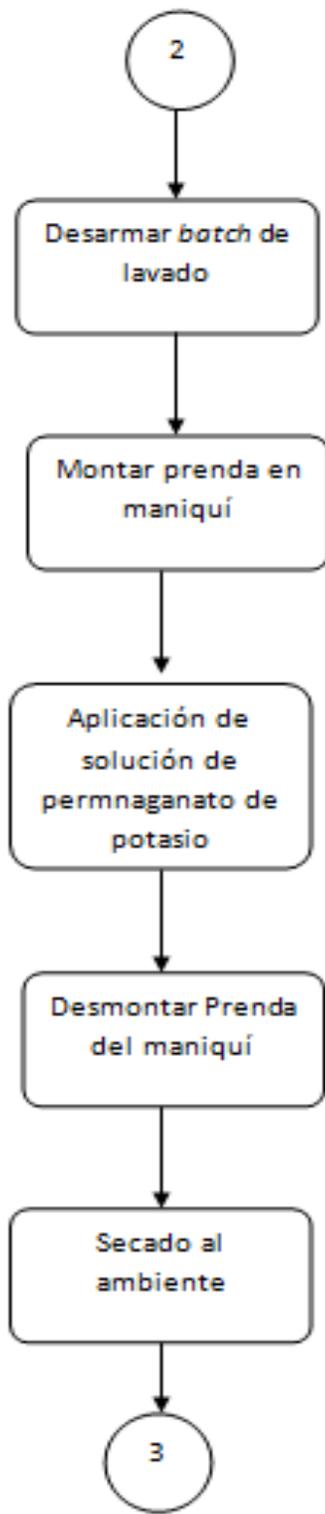
8. Herrera, J. R. (2005). *El efecto de la enzima lacasa en la reducción del índigo durante el lavado industrial de pantalones de lona (mezclilla)*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
9. IPCS, C. I. (2003). *icv*. España: IPCS. Recuperado de www.icv.csic.es
10. Jara, R. (2012). *Procesos industriales*. Recuperado de [prezi: http://prezi.com/sqdngyodk4d/procesos-industriales/](http://prezi.com/sqdngyodk4d/procesos-industriales/)
11. KORAMSA. (2007). *Manual de proceso de lavado industrial*. Guatemala. KORAMSA.
12. Mexico, U. A. (2001). *Hoja de Seguridad XV Permanganato de Potasio*. México. Recuperado de Ecured: www.ecured.cu
13. Oxiquim, S. (2007). *Hoja de datos de seguridad de productos*. Recuperado de [asiquim: www.asiquim.com](http://www.asiquim.com)
14. Roberson, D., & Smith, H. (2001). *Six-Sigma Methodology applied to industrial process*. Estados Unidos: Autor. Recuperado de <http://www.industrialprocess.service.usa.com>
15. UNAM. (2005). *Química*. México: UNAM. Recuperado de www.quimica.unam.mx

15. APÉNDICES

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA OPERACIÓN DE APLICACIÓN DEL PERMANGANATO DE POTASIO Y NEUTRALIZADO







Solución determinada a prueba y error.

