



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL  
PROCESO DE LAVADO STONE WASH EN PANTALONES DE MEZCLILLA, A PARTIR DEL  
USO DE ENZIMAS BASADO EN ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD**

**Joan José Cristóbal Alvarado Scheel**

Asesorado por el Msc. Ing. José Luis Duque Franco

Guatemala, febrero de 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL  
PROCESO DE LAVADO STONE WASH EN PANTALONES DE MEZCLILLA, A PARTIR DEL  
USO DE ENZIMAS BASADO EN ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOAN JOSÉ CRISTÓBAL ALVARADO SCHEEL**  
ASESORADO POR EL MSC. ING. JOSÉ LUIS DUQUE FRANCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013



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. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herberth de León Morales
EXAMINADOR	Ing. José Manuel Tay Oroxom
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas



## **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 LA INVESTIGACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE LAVADO STONE WASH EN PANTALONES DE MEZCLILLA, A PARTIR DEL USO DE ENZIMAS BASADO EN ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD**

Tema que me fuera asignado por la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 22 de enero de 2013

**Joan José Cristóbal Alvarado Scheel**





Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142

**AGS-MGIPP-0004-2013**

Guatemala, 22 de enero de 2013.

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 **Joan José Cristóbal Alvarado Scheel** con carné número **2005-15913**, quien opto la modalidad del **“PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO”**.

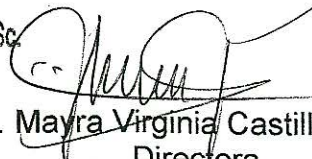
Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente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

Sin otro particular, atentamente,

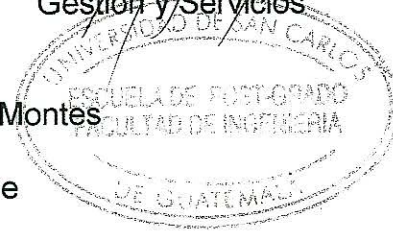
“Id y enseñad a todos”

  
Msc. Ing. José Luis Duque Franco  
Asesor (a)

Ing. JOSE LUIS DUQUE FRANCO; M.Sc.  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 5459

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

  
César Akú Castillo MSc.  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 4,073  
Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo  
Coordinador de Área  
Gestión y Servicios



Cc: archivo  
/la





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.028.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **JOAN JOSÉ CRISTÓBAL ALVARADO SCHEEL** titulado: **"DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE LAVADO STONE WASH EN PANTALONES DE MEZCLILLA, A PARTIR DEL USO DE ENZIMAS BASADO EN ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

  
Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, febrero 2013



Cc: Archivo  
VMMV/ale

PROGRAMA DE INGENIERÍA  
QUÍMICA ACREDITADO POR  
Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería  
Periodo 2012 - 2015







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 LA INVESTIGACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE LAVADO STONE WASH EN PANTALONES DE MEZCLILLA, A PARTIR DEL USO DE ENZIMAS BASADO EN ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD**, presentado por el estudiante universitario **Joan José Cristóbal Alvarado Scheel**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, febrero de 2013

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios Padre</b>	Por ser el motor de todo lo que hago.
<b>Virgen María</b>	Por ser mi protectora y compañera en todo momento.
<b>Mis padres</b>	Sergio Alvarado y Adelina Scheel, porque el logro es nuestro. ¡Lo hicimos!
<b>Mi novia</b>	Julia Maldonado, porque siempre creíste en mi.
<b>Mis hermanos</b>	Sergio y Miguel, porque quiero ser un buen ejemplo para ustedes.
<b>Honorable audiencia</b>	Porque sin ustedes el acto no tendría relevancia.





## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San Carlos de Guatemala**      Por acogerme durante tantos años de formación.

**Facultad de Ingeniería**      Por darme todo ese conocimiento del que hoy me valgo para ser mejor.

**Msc. Ing. José Duque**      Por asesorarme en este trabajo de graduación.

**Compañeros de Pregrado Posgrado**      Por el apoyo. ¡Logramos el primer paso!



## ÍNDICE GENERAL

LISTA DE SÍMBOLOS	III
GLOSARIO	V
RESUMEN	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS	5
4. JUSTIFICACIÓN	7
5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	9
6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	11
7. HIPÓTESIS	15
8. TABLA DE CONTENIDO	17
9. MÉTODOS Y TÉCNICAS	19
10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	23
11. RECURSOS NECESARIOS	25

12. BIBLIOGRAFÍA	29
13. APÉNDICES	33

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>°C</b>	Grados celsius
<b>g</b>	Gramo
<b>HP</b>	Horse Power, Caballos de fuerza
<b>lb</b>	Libra
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>T</b>	Temperatura
<b>Q</b>	Quetzal
<b>Q/u</b>	Quetzales por unidad



## GLOSARIO

<b>Biostoning</b>	Proceso de desprendimiento del colorante índigo en las prendas de mezclilla mediante la acción de un reactivo químico.
<b>Celulasa</b>	Enzima compleja especializada en la descomposición de la celulosa.
<b>Celulosa</b>	Polímero principal que compone el algodón, del que está conformada la mezclilla.
<b>Cuasiexperimento</b>	Experimento básico en que se varía sólo un factor mientras los demás permanecen constantes.
<b>Eficiencia</b>	Capacidad de una persona, equipo o material de cumplir un objetivo con la menor cantidad de recursos.
<b>Enzima</b>	Moléculas de naturaleza proteica utilizadas como catalizadores en las reacciones químicas orgánicas.
<b>Enzima ácida</b>	Enzima activada en un medio ácido (pH= 4.5-6.0) a 55°C.
<b>Enzima híbrida</b>	Enzima modificada capaz de trabajar en pH neutro (pH= 6.5 - 7.5) a 55°C.

<b>Enzima termoestable</b>	Enzima modificada capaz de trabajar en un medio ácido a temperatura ambiente (T= 5 - 55 °C).
<b>Mezclilla</b>	Tejido de fibras de algodón entrelazado utilizado para la fabricación de prendas de trabajo .
<b>Productividad</b>	Relación entre el total de producción y el/los recurso/s utilizados en su obtención.
<b>Stone Wash</b>	Proceso mecánico en prendas mezclilla que permite el desgaste y pérdida de coloración en la superficie de las mismas mediante la acción mecánica de la piedra pómez.



## RESUMEN

El presente diseño de investigación plantea una propuesta para la reducción de costos de producción en el proceso de lavado Stone Wash de pantalones de mezclilla en una lavandería industrial ubicada en el perímetro urbano de la ciudad capital de Guatemala. Dicho lavado es la base de diversos procesos internos y diferentes acabados para los pantalones, lo cual lo hace una parte importante del proceso general de acabados.

La propuesta se basa en la utilización de distintos reactivos catalizadores, llamados enzimas de celulasas, que permiten la aceleración del proceso general de lavado, enfocado principalmente en la parte del Stone Wash. Dichas enzimas se usarán a una concentración de 0 y 3.5% a tiempos establecidos, para cada corrida, de: 20, 40 y 60 minutos, con lo cual se obtendrá un parámetro de control de calidad físico y visual que afectará a los procesos posteriores de teñido, oxidación o alteración del color. De dicha experimentación, se espera obtener el tipo de enzima que aporta los mejores resultados en un menor tiempo de proceso; para ésto, se comparará directamente con un patrón o referencia provisto por un fabricante mayorista, quien aportará, de igual forma, las prendas a utilizar durante la experimentación. En dicha fase, participarán el investigador de este trabajo, su asesor y el equipo completo del área de lavado de la lavandería en cuestión.

Los reactivos a utilizar serán obtenidos mediante tres proveedores locales de enzimas, según su especialidad y concentración base para cada proceso



## 1. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se pretende optimizar la eficiencia en el proceso de lavado Stone Wash en pantalones de mezclilla a partir del óptimo uso de enzimas, como objetivo general, para lo cual existe poca o nula información sobre la utilización de enzimas para el lavado mencionado. De esta forma se minimizará el problema encontrado; el pobre aprovechamiento de recursos y el alto costo que esto provoca en las operaciones diarias de las empresas, por lo que es importante encontrar una forma sencilla en que dichos costos y aprovechamiento de recursos sean óptimos en la industria de lavanderías; compitiendo así con mejores precios para los clientes. Dicha investigación se justifica en que permitirá conocer y acabar con los procesos que no aportan valor al producto final, reduciendo el tiempo de acción de cada uno de los procesos que determinen el ritmo del lavado Stone Wash.

La investigación se basa en la hipótesis que dicta: La implementación de índices de productividad mejorará la eficiencia en el proceso de lavado Stone Wash en una lavandería del sector metropolitano; por lo cual se sustenta el marco teórico de la siguiente manera:

Capítulo 1: se describe la situación actual de la empresa, aportando el contexto sobre el cual se mueve actualmente, indicando sus puntos fuertes, débiles, amenazas y oportunidades, conociendo su posición actualmente como un grande, por su calidad pero no por sus precios.

Capítulo 2: estudia la elaboración de pantalones de mezclilla, desde la obtención de sus materiales, como fibras naturales y sintéticas, hasta la fabricación del pantalón de mezclilla. Esto permitirá conocer el comienzo y algunas razones del proceso de lavado.

Capítulo 3: se analiza el proceso de lavado Stone Wash y todos los pasos previos a la aplicación de piedra pómez y/o enzimas. El aporte a la investigación es el conocimiento necesario para determinar los pasos más lentos en el proceso productivo.

Capítulo 4: expone la teoría sobre los agentes abrasivos comunes y sus efectos al ser aplicados en los pantalones de mezclilla. Los agentes abrasivos a utilizar en este trabajo de investigación será la piedra pómez y diferentes enzimas (celulasas).

Capítulo 5: se identifican los indicadores de productividad y su uso en forma general y aplicada al trabajo de investigación realizado, permitiendo así el cálculo, en función de recurso/tiempo, para establecer el consumo real del factor más importante en los procesos: el tiempo.

Por último, el análisis de resultados se realizará de acuerdo a una matriz multivariable que contempla la calidad del acabado, costo relativo y rendimiento de cada una de las enzimas estudiadas. Mediante dicha matriz se determina el tipo de enzima que aporta mayor valor al proceso y que sea capaz de reducir el tiempo en el proceso y no así la calidad del acabado.

## 2. ANTECEDENTES

El artículo de Belghith (2001) y de Potera (2004), estudia la utilización de una enzima ácida sobre los pantalones de mezclilla mediante un proceso completo de biostoning, el cual muestra los parámetros iniciales para realizar un proceso completo mediante el uso de enzimas y lo compara directamente con un proceso de lavado Stone Wash tradicional, con piedra pómez. En ambos casos, descubrieron que el uso de las enzimas podría sustituir o mejorar el proceso de lavado Stone Wash.

Desde 1996, a la fecha, se han desarrollado alrededor de 15 trabajos sobre el área de textiles. Sin embargo, sólo dos se apegan al tema principal observado. Dichas investigaciones son: de Castillo (2003) que trata sobre el nivel de degradación del colorante índigo mediante la aplicación del biostoning y de Lam (2005), que determina el efecto de la enzima lacasa en la reducción del índigo en procesos de lavandería. Dichos estudios revelan el efecto de las enzimas en los pantalones de mezclilla al 100% algodón y su relación al variar las concentraciones y al utilizar un reactivo diferente; en este caso, la enzima lacasa. Al realizar una combinación de dichos procesos, es posible determinar uno sólo que los englobe, maximizando la eficiencia del proceso y permitiendo estandarizarlo en uno, en función de la enzima que provea de mejores resultados. Cabe destacar que en ambos estudios previos se utilizó la enzima ácida, la cual afecta considerablemente el medio ambiente en mayor grado respecto de la híbrida.

A nivel nacional, en algunas lavanderías en crecimiento se han determinado faltas en productividad por mal manejo de reactivos, lo cual se refleja en los costos altos y variación de la calidad. De igual forma, se desconoce cuál, entre los diversos tipos de enzimas comercializadas localmente, aporta un mayor valor al proceso de lavado reduciendo los tiempos de operación de maquinaria.

### **3. OBJETIVOS**

#### **General**

Optimizar la eficiencia en el proceso de lavado Stone Wash en pantalones de mezclilla a partir del óptimo uso de enzimas, en una lavandería de la ciudad de Guatemala.

#### **Específicos**

1. Identificar las operaciones ineficientes del proceso de lavado Stone Wash actual.
2. Determinar los índices de productividad en función del tiempo de los recursos fijos y variables utilizados en el proceso de lavado Stone Wash.
3. Evaluar los resultados obtenidos a partir del control obtenido por índices de productividad.





## 4. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este trabajo es importante, porque permitirá determinar las posibles fugas de capital en una planta de lavados y acabados en pantalones de mezclilla mediante el estudio completo del proceso y las nuevas materias primas que son comercializadas a nivel local, como medida de aumento de productividad sin sacrificar la calidad de los productos ofrecidos.

La necesidad de esta investigación radica en que, en la gremial de lavanderías de Guatemala no existe un trabajo de investigación que demuestre los resultados obtenidos con los tipos de enzimas más utilizados actualmente, para acelerar los procesos de lavado Stone Wash, con lo cual se generaría una mayor competencia y mejoras en la calidad del lavado ofrecido.

Este trabajo surge considerando una recomendación encontrada en el trabajo de tesis de la ingeniera Yaslin Castillo, en el cual hace la observación sobre realizar un análisis utilizando diversos tipos de enzimas con el fin de obtener el mayor rendimiento al proceso de Stone Wash.

Los beneficiarios a nivel local serán todas las empresas dedicadas al uso de las diferentes enzimas en sus procesos y, principalmente aquellos que las utilizan en procesos textiles, ya que con el paso del tiempo se desarrollan y mejoran ofreciendo acabados mejores en tiempos de procesos menores; o bien, procesos con ahorros energéticos.



## 5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En una lavandería de la ciudad capital, los problemas que se presentan son: la falta de control en los reactivos, empirismo en los procesos y desaprovechamiento de recursos energéticos, los cuales ocasionan una grave pérdida en la eficiencia en los procesos en general de lavandería; específicamente, para el caso del lavado Stone Wash.

El lavado Stone Wash se ha convertido en un proceso básico para lograr una serie de acabados distintos y colores variados, dado que al alterar ligeramente el tiempo de proceso y/o concentración de reactivos utilizados, se obtiene un acabado completamente diferente. Sin embargo, existen pocos estudios sobre la creciente formulación y aplicación de enzimas en los procesos de lavado Stone Wash, provocando el desaprovechamiento del tiempo eficientemente en el proceso de lavado.

Las enzimas (celulasas) son utilizadas en el proceso de Stone Wash sobre pantalones de mezclilla como catalizadores de la reacción de separación entre el almidón y el colorante índigo adherido a las fibras en la tinción primaria (de fábrica) de la misma.

Sin embargo, no existe un estudio que permita conocer y comparar el rendimiento de las enzimas más utilizadas hoy en día, tales como las enzimas híbridas, ácidas, termoestables y combinaciones de las mencionadas. Esto ocasiona faltas de eficiencia por desconocimiento del resultado de cada una de ellas.

Dicho problema lleva a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Existe ineficiencia en el proceso de lavado Stone Wash en la empresa de lavandería en estudio?
- ¿Existen índices de control del consumo de reactivos en el proceso?
- ¿Se conoce el tipo de enzima que aporta mayor valor al proceso de lavado Stone Wash?

Los alcances que tendrá esta investigación serán a nivel nacional en las lavanderías agremiadas a la Cámara de Industria de Guatemala; estudios realizados por entidades nacionales que verifican el consumo de reactivos y su rendimiento; y, por último, a las empresas encargadas de comercializar y formular las enzimas utilizadas en el proceso Stone Wash.

Las limitantes que se tendrán será el tiempo, ya que en las cercanías a fin de año y temporada de Semana Mayor y Bono 14, los volúmenes de trabajo se intensifican, ocasionando indisponibilidad del personal y/o de maquinaria necesaria para realizar la experimentación.

Dicho estudio y experimentación serán realizados entre octubre de 2012 y junio de 2013, en el área de lavado de una lavandería ubicada en la zona 12 de la ciudad capital.

## 6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El capítulo 1 describe el estado actual de la empresa. Detallando el entorno comercial, financiero, legal y laboral mediante un análisis fodal con el fin de conocer las funciones dentro de la sociedad de este negocio. Este análisis permitirá conocer las principales causas de la falta de eficiencia en los procesos realizados.

El análisis FODA es una técnica administrativa que permite determinar el estado actual y futuro de una empresa, reconociendo las amenazas y oportunidades dadas en el ámbito laboral, social y comercial. Actualmente se contempla también el rubro ambiental. (Teret, 2007).

El capítulo 2 estudia la elaboración y fabricación de los pantalones de mezclilla desde su hilado hasta su corte y confección. La mezclilla es una tela resistente de algodón asargado de trama blanca y urdimbre teñida de azul índigo y su producción podría tardar hasta 20 días (Asrain, 2010).

El proceso de fabricación de pantalones de mezclilla comprende desde el enlazado de fibras, hilado, teñido, tejido, engomado y corte y confección. Luego de esto, se realiza el proceso de lavado a gusto del cliente y, generalmente se incluye el proceso de Stone wash.

El capítulo 3 indaga en el acabado y manufactura del pantalón de mezclilla, se tiene una prenda endurecida por la goma aplicada para protegerla, es necesario eliminar dicho compuesto para ser utilizado, y se somete a un proceso químico que eliminará su efecto.

El proceso que se realiza es el siguiente:

- Desengomado
- Abrasión
- Desactivación
- Reducción
- Blanqueo
- Neutralizado
- Suavizado

De acuerdo al acabado, se aplican distintos reactivos; entre ellos: las enzimas como aceleradoras del proceso de abrasión. Dicha etapa persigue dar un aspecto de envejecimiento a las prendas, una apariencia de desgaste homogénea, que deja puntos más blancos en su superficie de manera aleatoria. (Kastillo, 2003).

En el capítulo 4 se analiza sobre los agentes abrasivos comunes en un proceso de lavado Stone Wash. La abrasión es el efecto de desgaste realizado de un material más duro sobre otro, el cual es obtenido de tres formas en un lavado en máquina industrial por medio de: roce entre prendas, desgaste por piedra pómez y desgaste químico por enzimas. De éstos, se despreciará el roce entre prendas debido a que su efecto es mínimo comparando a los otros agentes abrasivos.

Por su parte, la piedra pómez ofrece un desgaste del tipo físico y sus principales desventajas son propiamente el tiempo de lavado, ya que provoca un alto desgaste en la maquinaria y altos costos de producción en hora hombre e insumos (Sangita, 2010), mientras que las enzimas ofrecen un desgaste químico, obtenido de la reacción de las celulasas con el almidón que atrapa al

colorante índigo en las fibras del pantalón de mezclilla; la actividad catalítica depende de la integridad de la conformación proteica nativa (Universidad Federal de Santa Catarina [UFSC], s/f).

El capítulo 5 explica la teoría sobre los índices de productividad. En términos generales, un índice de productividad es el cociente entre la producción de un proceso y el gasto o consumo de dicho proceso, los cuales serán utilizados para cuantificar el aumento en la eficiencia del proceso al determinar, en unidades por hora. (Nacional Financiera, 1992).

Básicamente, los índices a manejar son basados en recurso/utilización, siendo los recursos: eléctrico, hídrico, combustible, mano de obra y reactivos. La utilización será medida en función del tiempo de proceso. Esto permitirá analizar la situación actual y compararla con una situación futura. (Peláez, 2012)

De igual forma, se considerará un índice de productividad total para determinar la eficiencia global del proceso.





## **7. HIPÓTESIS**

### **Hipótesis de investigación (Hi)**

Hi: la implementación de índices de productividad mejorará la eficiencia en el proceso de lavado Stone Wash en una lavandería del sector metropolitano.

### **Hipótesis Nula (Ho)**

Ho: la implementación de índices de productividad no mejorará la eficiencia en el proceso de lavado Stone Wash en una lavandería del sector metropolitano.

### **Variable independiente**

Tiempo de proceso según las enzimas utilizadas en el proceso de Stone Wash.

### **Variable dependiente**

Eficiencia en el proceso de lavado Stone Wash en función de: tiempo de proceso y reactivos.



## 8. TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS/HIPÓTESIS

INTRODUCCIÓN

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA
  - 1.1. FODA, actual de la industria
  - 1.2. Factores internos
  - 1.3. Factores externos
    - 1.3.1. Ámbito jurídico
    - 1.3.2. Ámbito económico
    - 1.3.3. Ámbito tributario
    - 1.3.4. Aspectos laborales
  
2. ELABORACIÓN DE PANTALONES DE MEZCLILLA
  - 2.1. Proceso global de elaboración
  - 2.2. Obtención de fibras naturales
  - 2.3. Tinción de la mezclilla
  
3. PROCESO DE LAVADO
  - 3.1. Abrasión
  - 3.2. Abrasión mecánica
  - 3.3. Abrasión química

3.4. Abrasión combinada

#### 4. AGENTES ABRASIVOS

4.1. Piedra pómez

4.2. Método enzimático (celulosas)

4.2.1. Enzima ácida

4.2.2. Enzima neutra

4.2.3. Enzima híbrida

4.2.4. Enzima termoestable

4.2.5. Enzimas mejoradas

#### 5. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

5.1. Concepto

5.2. Condiciones básicas que debe cumplir un indicador

5.2.1. Indicadores de productividad

#### 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Interpretación de resultados

6.2. Análisis de error

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ANEXOS

## 9. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El enfoque de la investigación es del tipo cualitativo, ya que se alcanzarán los objetivos mediante un análisis de datos obtenidos por medio de cuasiexperimentos en los que variará únicamente, el tiempo de proceso para cada enzima, manteniendo los demás parámetros fijos tales como: masa de agua, cantidad de muestras y concentraciones de enzimas. Permitirá determinar el menor tiempo con el mejor acabado posible, determinado por un patrón establecido previamente.

El método de la investigación será del tipo descriptivo transaccional, dado que determinará la eficiencia de un proceso en función de la descripción del funcionamiento y rendimiento de diferentes enzimas (celulasas) que permitirán reducir el tiempo de proceso.

Para seleccionar la muestra de análisis, se tomó un valor de referencia de 5 prendas por corrida, con el fin de realizar tres corridas por cada proceso para describir de mejor manera cada proceso. La muestra se seleccionó por método de estratificación para reducir la variabilidad de la experimentación tomando en cuenta el tipo de lona y la capacidad de la lavadora a utilizar. No hubo cálculos, ya que es con fines descriptivos dicha fase experimental.

El diseño de la investigación es el siguiente: se realizará un proceso en una base de piedra pómez, únicamente para obtener un patrón de comparación del acabado. Posteriormente, se realizará los cuasiexperimentos utilizando las diferentes enzimas a tratar, variando únicamente el tiempo del proceso entre 30 y 60 minutos, realizando tres corridas manteniendo constantes todos los

parámetros diferentes del tiempo. Luego de esto, se recabarán los datos pertinentes y comparativos según el patrón establecido.

En tanto, las técnicas a utilizar para la obtención y análisis de los datos serán la observación y la tabulación de datos en una matriz comparativa. La observación directa permitirá determinar el acabado en función de una hoja de cotejo que contemplará variables sencillas para analizar el acabado final del pantalón tratado. Con dicha observación se analizará el acabado físico del pantalón y la terminación del mismo, con el fin de mantener un patrón de análisis y recabar la información necesaria para construir la matriz comparativa.

La matriz comparativa permitirá conocer los menores tiempos y mayores rendimientos de las enzimas para agilizar el proceso global de lavado Stone Wash. Con esta matriz, se determinarán los factores de rendimiento de enzimas, calidad en el acabado y costo en el reactivo utilizado. La matriz comparativa se encuentra en anexos.

Para el objetivo específico 1:

- Conocer las operaciones ineficientes del proceso de lavado Stone Wash actual:
  - Realizar un cuestionario al profesional del área con el fin de obtener el listado de pasos realizados en el proceso actual.
  - Obtener un diagrama de flujo del proceso actual; identificando los tiempos de trabajo actuales.
  - Determinar el paso determinante del proceso.
  - Buscar una mejora a dicho proceso; para agilizar el procedimiento en conjunto.

- Repetir hasta encontrar un paso no mejorable.
- Tomar nota y aislar los pasos determinantes en el proceso.

Para el objetivo específico 2

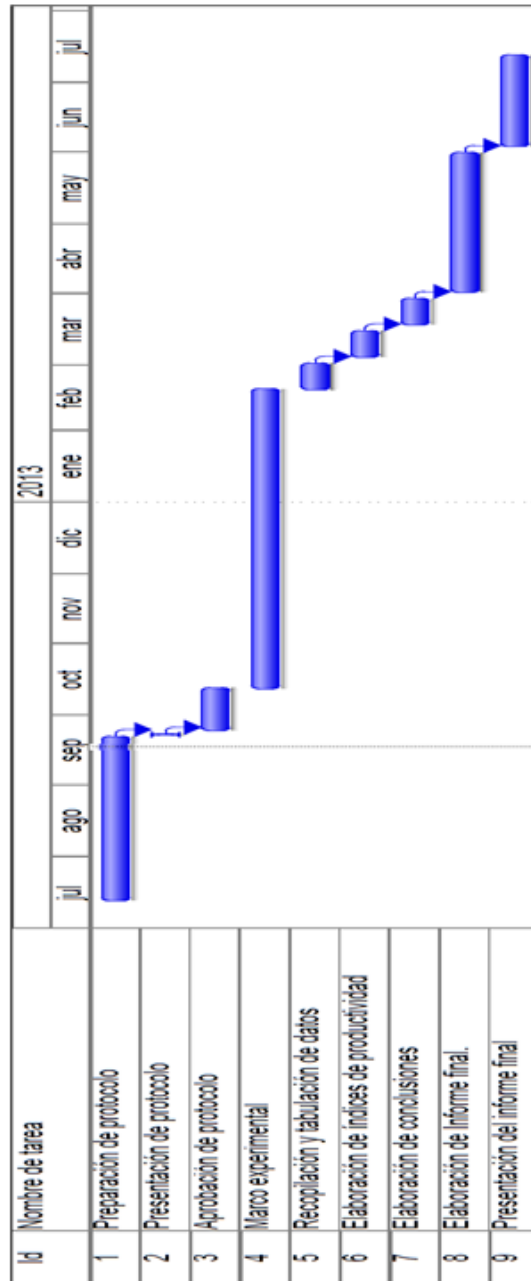
- Determinar los índices de productividad en función del tiempo de los recursos fijos y variables utilizados en el proceso de lavado Stone Wash.
  - Conociendo cada fase del proceso actual, se deben determinar los tiempos promedios de cada operación.
  - Determinar el tiempo total (en horas), empleado durante el mes a trabajar.
  - En función del tiempo, obtener factores por hora del consumo de los recursos fijos como agua, luz y teléfono para cada parte esencial del proceso.
  - Obtener los índices de productividad para el consumo de los recursos utilizados en el proceso en función de la cantidad utilizada, variando los tipos de enzimas en el proceso.
  - Contrastar los índices de productividad en función del tiempo con los índices obtenidos en función del consumo de los reactivos para cada fase del proceso.
  - Determinar las fases menos eficientes.

Para el objetivo específico 3:

- Comparar los resultados obtenidos a partir del control obtenido por índices de productividad.
  - Realizar una tabla comparativa entre los resultados obtenidos según la enzima utilizada en el procedimiento anterior.
  - Comparar y resaltar los datos importantes obtenidos en la comparación realizada.
  - Determinar un nuevo plan de trabajo para el proceso Stone Wash basado en el proceso más eficiente.
  - Establecer las mejoras obtenidas en el proceso propuesto.



## 10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



Fuente: elaboración propia.



## 11. RECURSOS NECESARIOS

- Recursos humanos

Entre el recurso humano a utilizar es el siguiente:

- Jefe de área de lavado de la empresa
- Operario especializado en el lavado Stone Wash
- Ayudantes de lavado (preparador de materiales y centrifugado)
- Asesor de tesis especializado en el área de productividad
- Co-asesor de tesis especializado en el área de enzimas
- Ingeniero encargado del trabajo de investigación

- Recursos materiales

Entre los instrumentos a utilizar durante la experimentación están los siguientes:

- Lavadora industrial de 45lb
- Balanza analítica en gramos ( $\pm 0.1g$ )
- Cronómetro Oslo digital ( $\pm 0.001ms$ )
- Caldera Fulton Boiler 45HP

## Recursos financieros

Los recursos financieros a utilizar se detallan en la siguiente tabla, que muestra un presupuesto de gasto para la fase experimental.

Cabe destacar que, entre los gastos previstos existirá patrocinio por parte de una empresa a quien le interesa conocer el rendimiento de las enzimas a utilizar. Dichas enzimas provienen de distintos proveedores locales y preparadas según sea la necesidad de la empresa.

**Tabla I. Cálculo de recursos financieros**

Material	Unidad de medida	Costo unitario (Q/u)	Cantidad	Costo total (Q)
Mangas de mezclilla c/manta	Unidades	10.00	75	750.00
Alfa amilasa	Kilogramos	15.00	10	150.00
Sacos de piedra pómez	Sacos	10.00	5	50.00
Detergente	Kilogramos	25.00	5	125.00
Suavizante	Kilogramos	20.00	5	100.00
Lubricante	Kilogramos	30.00	5	150.00
Enzima híbrida	Kilogramos	60.00	5	300.00
Enzima ácida mejorada	Kilogramos	70.00	5	350.00
Enzima termoestable ácida	Kilogramos	85.00	5	425.00
Enzima ácida corriente	Kilogramos	35.00	5	175.00
Pago de asesor	-	2,500.00	1	2,500.00
Gran total				5,075.00

Fuente: elaboración propia, con datos recabados en distribuidores locales



## 12. BIBLIOGRAFÍA

Asrain, Metania. El Jean o denim y su uso cotidiano. Consultado el 22 de marzo de 2012. <http://www.factownjeans.com.ar/conexion/tag/fabricacion-del-jean/>.

Belhghit, H, Elliouz-Chaabouni, Semia & Gargouri, Ali. Biostoning of denims by *Penicillium occitanis* (Pol6) Cellulases. *Journal of Biotechnology* 89(S/N), 254-262.

Castellanos, Óscar; Jiménez, Claudia; Sinitsyn, Arcady; Montañez, Víctor; Sinitsyna, Olga. (2006) Análisis del desarrollo tecnológico en la aplicación de enzimas en la industria textil. Recuperado el 16 de febrero de 2012 de la Base de datos de la Universidad Estatal de Colombia y Universidad Estatal de Moscú Mijail Lomonosov (Grupo de investigación Biogestión).

Centro virtual comunitario de aprendizaje, Tecnológico de Monterrey. Índices de productividad. Recuperado el 18 de febrero de 2012 en: <http://www.cca.org.mx/cca/cursos/administracion/artra/produccion/objetivo/7.1.1/indices.htm>

Erhardt y otros (1980). *Tecnología textil básica*, México: editorial Trillas, 180 pp.

García Nieto, Rogelio (1985), *Fibrología*. México, Editorial ESIT.

Kastillo, Yaslin (2003). Comportamiento del grado de degradación del colorante índigo en denim 100 por ciento algodón debido a un lavado industrial enzimático utilizando variables colorimétricas. Guatemala, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos.

Kuehni, Rolf G. Cielab color difference, and lightness, hue and chroma componentes for objective color control. Estados Unidos de Norteamérica: s.e.,s.a.

Lam, Jadel (2005). El efecto de la enzima Lacasa en la reducción del índigo durante el lavado industrial de pantalones de mezclilla (mezclilla). Guatemala, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos.

Peláez, Odette (2012). *Índices de productividad*. Material de cátedra I trimestre 2012 de Maestría en Gestión Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Potera, C. (2004). From *Stone Washed* jeans to Gene Expressions. *Genetic Engineering News (GEN)* 24(14).

Sangita, S; Siva, P; Ravi, M (2010). Types of Stone Wash & their effects on the Denim fabric. *The Indian Textile Journal* Retrieved March 22, 2012 from The Indian Textile Journal Database.

Scheaffer, Richard L, James T. McClave. Probabilidad y estadística para ingenieros. Estados Unidos Norteamérica: Editorial Grupo editorial Iberoamericana, 1993, 685 pp.



Secret, Rose. Blue Jeans. Retrieved March 23, 2012.  
<http://www.madehow.com/Volume-1/Blue-Jeans.html#b>

Soto, Lauro. *Indicadores de productividad*. Material de cátedra. Recuperado el 15 de febrero de 2012 en: <http://www.mitecnologico.com/Main/IndicadoresDeProductividad>

Teret, Susan. (2007) *Análisis Foda* [En línea]. Recuperado el 12/09/2012. Disponible en <http://admonz12007.files.wordpress.com/2007/03/analisis-foda.pdf>

Universidad Federal de Santa Catarina. Enzimas. Página visitada em 30 de marco de 2012 de: [http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc\\_eng\\_bioq/trabalhos\\_pos2004/textil/enzimas.htm](http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2004/textil/enzimas.htm)

Valiente Barderas, Antonio (1991). *Diccionario de ingeniería química*. México: Longman de México editores, S.A. de C.V., 1990,237 pp.



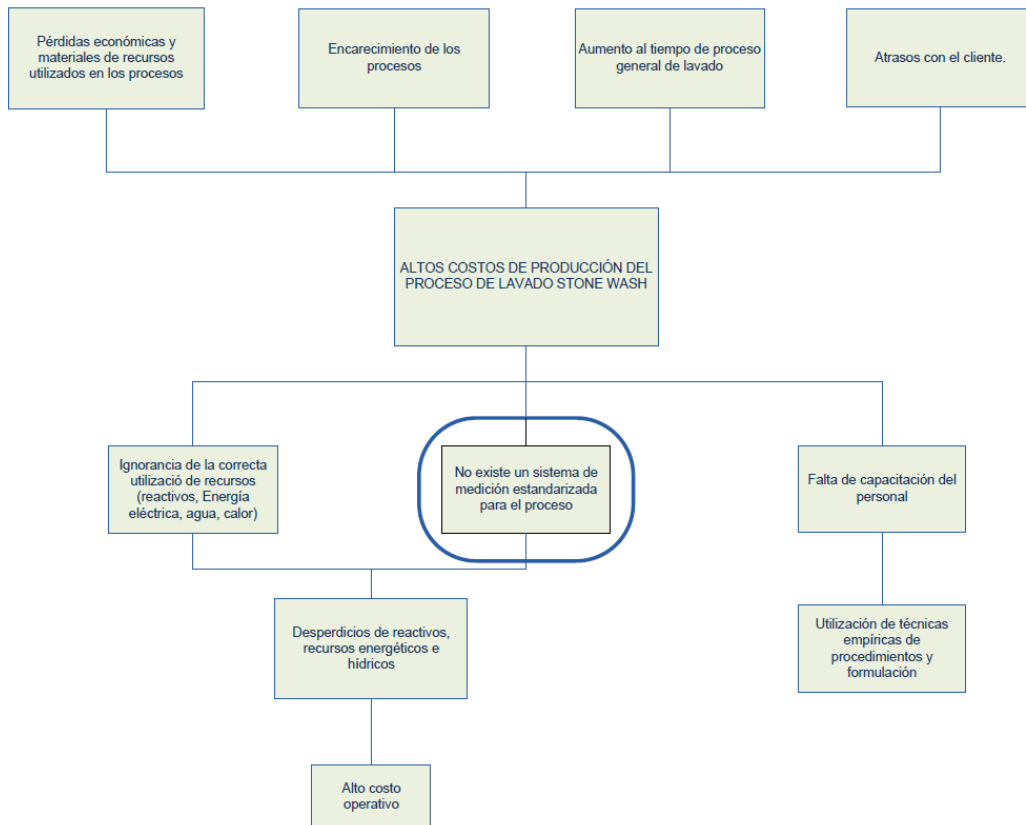
## 13. APÉNDICES

### Apéndice 1. Matriz de coherencia

Objetivo general	Objetivos específicos	Hipótesis nula	VARIABLES	Indicadores medibles	Metodología	Resultados
Optimizar la eficiencia en el proceso de lavado Stone Wash en pantalones de mezclilla a partir del óptimo uso de enzimas.	Conocer las operaciones ineficientes del proceso de lavado Stone Wash actual.	La implementación de índices de productividad no mejorará la eficiencia en el proceso de lavado Stone Wash en una lavandería del sector metropolitano.	Tiempo	Diferenciación en el tiempo total de proceso del lavado Stone Wash	Utilizando cuatro tipos de enzima diferente, se comparará contra un patrón de proceso común con piedra pómez y se determinará la enzima que permita el menor tiempo de proceso posible.	Reducir el tiempo determinado en el cuello de botella principal del proceso.
	Determinar los índices de productividad en función del tiempo de los recursos fijos y variables utilizados en el proceso de lavado Stone Wash.		Consumo de recursos en el proceso completo en el tiempo	Índices de productividad	Determinación del consumo de reactivos e insumos en función del tiempo total de trabajo en la lavandería en los meses de estudio. Recursos/tiempo indicará el índice de productividad.	Mejoramiento en la utilización de los recursos para un acabado de máxima calidad tipo stone wash.
	Comparar los resultados obtenidos a partir del control obtenido por índices de productividad		Eficiencia del proceso	Aceptación por parte del cliente interesado y reducción de tiempo en el proceso.	Análisis cualitativo del acabado de la lona, mediante sistema de calidad del cliente y determinación del menor tiempo en una tabla comparativa.	Determinar la máxima reducción de tiempo en el proceso Stone Wash utilizando enzimas celulásicas.

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia con datos de lavandería en cuestión.

Apéndice 3. **Matriz comparativa de fase experimental**

<b>Tipo de enzima</b>	<b>Calidad de lavado</b>	<b>Rendimiento de enzima</b>	<b>Costo relativo de la enzima</b>
<b>Sin enzima</b>			
<b>Ácida</b>			
<b>Híbrida</b>			
<b>Ácida mejorada</b>			
<b>Termoestable</b>			

Fuente: diseño de trabajo de graduación.

