

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
VICERRECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA TEXTIL**



**“PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA PARA
FIBRA ACRÍLICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ”**

Resolución HCC N° 015/2021

EQUIPO DE INVESTIGADORES:

Lic. María Angélica Guaraní de García
Univ. Ana Lía Sanjinés Macuaga

EL ALTO – BOLIVIA
2021

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

AUTORIDADES

Dr. Carlos Condori Titirico
RECTOR

Dr. Antonio López Andrade Ph. D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Roger Omar Llanque Villavicencio
DECANO DE ÁREA DE INGENIERÍA D.T.P.

Ing. JONNY HENRY YAMPARA BLANCO
DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

Ing. Teodora Arratia Escobar
COORDINADOR INSTITUTO DE INVESTIGACIONES

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL

- COMPAÑÍA ABC TEXTIL SRL.

REGISTRO SENAPI: Resolución Administrativa NRO. 1-3290/2021

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Diciembre. 2021
El Alto – Bolivia

PRESENTACIÓN

Es vocación de la Universidad ser una instancia de respuesta a las necesidades sociales, que en la mayoría de las veces no son expresadas de forma directa. Es en ese entendido, que las diferentes carreras de la Universidad Pública de El Alto, asumen líneas de investigación que generan los proyectos a ser desarrollados en sus institutos de investigación, como es el presente proyecto de investigación.

La investigación “Producción más limpia en el proceso de tintura para la fibra acrílica en la industria textil de La Paz”, es el nombre de la presente investigación, la cual en respuesta a una necesidad de la sociedad no mencionada pero altamente percibida, como es la contaminación generada por los efluentes textiles, inicia actividades adentrándose en la industria textil acrílica de la ciudad de La Paz, con el objeto de enfocar el problema medio ambiental al interior de las empresas que pertenecen a esta industria. En la indagación realizada en el ámbito industrial, los investigadores han podido establecer que por coyuntura generada durante la gestión 2020 dos de las cinco empresas no se encuentran en funcionamiento. Con este fundamento, la investigación se realiza en dos de las tres empresas que actualmente se encuentran en funcionamiento.

ABC TEXTIL e ILLAMPU TEXTIL son las empresas seleccionadas ambas con similar procesos y uso de colorantes catiónicos básicos, en su procesado de tintura. La primera procesa diariamente alrededor de 200 kilogramos y la segunda 400 kilogramos de fibra acrílica.

La investigación al interior de estas empresas se focaliza en el proceso de teñido, por cuanto consideran que este es el proceso que genera mayor impacto ambiental, esto debido a la cantidad de efluentes que son vertidos diariamente, los cuales en primera instancia constituyen el consumo de agua y el mismo vertido que llevan carga química, temperatura y pH, contraria al medio ambiente natural.

Los efluentes vertidos en este proceso de teñido son el objeto de investigación, los cuales se miden y evalúan a través métodos tales como: DQO (Demanda Química de Oxígeno),

DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y la presencia de contaminantes para el medio ambiente.

La investigación, asimismo, presenta un análisis de la normativa vigente y el cumplimiento de sus disposiciones, remarcando las penalizaciones que en algún momento podría asumir la empresa en caso de no cumplimiento.

Bajo todos estos insumos, la investigación presenta una propuesta de producción más limpia, ejemplificando para cada empresa objeto de la investigación, un proceso de implementación, que responda al objetivo de la investigación que es: “Proponer un programa de Producción Más Limpia en el área de tintorería de fibra de acrílico en la industria textil de la ciudad de La Paz, haciendo eficiente el uso del agua en el proceso de tintura.

Finalmente se debe indicar que la presente investigación cumple con el encargo social percibido en primera instancia como necesidad social, siendo los resultados de la presente investigación generadores de parámetros científicos que aportan a la profundización en el conocimiento del impacto ambiental que genera la industria textil.

Ing. Teodora Arratia
COORDINADORA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA TEXTIL

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Agradecer la Universidad Pública de El Alto, por la oportunidad de aportar al sector textil a través de la investigación.

Un especial agradecimiento a la coordinadora del Instituto de Investigación de Ingeniería textil, Ing. Teodora Arratia, por su gran contribución a la investigación del equipo.

Al Director de la carrera de Ingeniería Textil, Ing. Jonny Yampara, por su constante apoyo.

A la Auxiliar de investigación Ana Lía Sanjinés Macuaga, por su apoyo y dedicación a la investigación.

En memoria de mi madrecita Damiana y mi hermana María del Carmen

Lic. María Angélica Guaraní de García
INVESTIGADORA PRINCIPAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA TEXTIL

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1 Identificación del problema	2
1.1.2 Empresas de estudio	4
1.1.3 Formulación del problema	7
1.1.4 Planteamiento de los objetivos	8
1.1.5 Justificación de la investigación	10
1.1.6 Alcance de la investigación	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1 ESTADO DEL ARTE	12
2.2 ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	26
CAPÍTULO III. MARCO CONCEPTUAL TEORICO	27
3.1 AGUAS RESIDUALES TEXTILES	27
3.2 EFLUENTES TEXTILES	27
3.3 EL ACRÍLICO.....	27
3.3.1 Generalidades.	27
3.3.2 Composición Química.....	30
3.3.3 Propiedades Físicas	30
3.3.4 Propiedades Mecánicas.....	30
3.3.5 Ventajas de la fibra acrílica	31
3.3.6 Propiedades de la fibra acrílica en acabado	31
3.3.7 Colorantes	32
3.3.8 MEDICIÓN DE PROCESOS.....	44
3.4 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	48
3.5 PRINCIPIOS Y CONCEPTOS PARA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	55
3.5.1 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).....	55
3.5.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	56
3.5.3 Materias en suspensión (MES)	57
3.5.4 Detergentes	58
CAPÍTULO IV. MARGO LEGAL.....	59
4.1 ÁMBITO HISTÓRICO DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	59
4.2 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO	62

4.3	EI RASIM	62
4.4	GOBIERNOS MUNICIPALES	63
4.4.1	Reglamento Ambiental Para El Sector Industrial Manufacturero	65
4.4.2	La Ley del Medio Ambiente, Ley 1333	67
4.4.3	Reglamentación General a la Ley del Medio Ambiente.....	68
CAPITULO V. SITUACIÓN ACTUAL de la EMPRESA		70
5.1	SITUACIÓN ACTUAL DE ABC TEXTIL	70
5.1.1	Información de la Empresa	71
5.1.2	Marco Institucional ABC TEXTIL.....	71
5.1.3	Organigrama ABC TEXTIL	73
5.1.4	Proceso De Tintura ABC TEXTIL.....	73
5.1.5	Efluentes de Tintura De ABC TEXTIL.....	77
5.1.6	Consumo de Agua en la Planta ABC TEXTIL	78
5.2	SITUACIÓN ACTUAL ILLAMPU TEXTIL	80
5.3	INFORMACIÓN DE LA EMPRESA ILLAMPU TEXTIL	81
5.4	MARCO INSTITUCIONAL DE ILLAMPU TEXTIL.....	81
5.4.1	Organigrama ILLAMPU TEXTIL.....	82
5.5	PROCESO DE TINTURA ILLAMPU TEXTIL.....	82
5.5.1	Efluentes de Tintura ILLAMPU TEXTIL.....	85
5.5.2	Consumo de agua en la planta ILLAMPU TEXTIL	86
5.6	CONTROL DE AGUA EN AMBAS PLANTAS TEXTILES.....	87
CAPITULO VI. ESTUDIO Y EVOLUCIÓN DEL PROCESO DE TINTURA.....		90
6.1.	BALANCE DE MASA	90
6.2.	BALANCE DE MASA:TONOS CLAROS Y MEDIOS	91
6.3.	BALANCE DE MASA: TONOS MEDIOS Y OSCUROS	92
6.4.	MEMORIAS DE CÁLCULO: TONOS MEDIOS Y OSCUROS	93
6.5.	PRINCIPALES INDICADORES FICHA TÉCNICA.....	94
CAPÍTULO VII METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		98
7.1.	PARADIGMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	98
7.2.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	98
7.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	99
7.4.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	100
7.5.	DISEÑO METODOLÓGICO	101

CAPÍTULO VIII ANALISIS DEL PROCESO DE TEÑIDO PARA P+L.....	104
8.1. TRABAJO DE CAMPO.....	104
8.1.1. Caracterización fisicoquímica de los efluentes de tintura.....	105
8.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	106
8.3. ANÁLISIS DE SITUACIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO ABC TEXTIL.....	107
CAPÍTULO ix: RESULTADOS	110
9.1. EFLUENTES DE TINTURA.....	113
9.1.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno	115
9.1.2. Parámetro de la DQO	117
9.1.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno	120
9.1.4. Parámetro de la DQO	121
9.2. EFLUENTE DE TINTURA ILLAMPU TEXTIL.....	122
9.2.1. Parámetros Medidos en Illampu Textil.....	122
9.3. DETERMINACIÓN DE ACCIONES A TOMAR.....	127
CAPÍTULO X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
10.1. CONCLUSIONES GENERALES.....	139
10.1.1. Alternativas de mejoramiento.....	141
10.1.2. Illampu Textil	142
10.2. RECOMENDACIONES	142
BIBLIOGRAFIA.....	145
ANEXOS	147

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. CONDICIONES DE FONDO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL.....	3
CUADRO 2. BOLIVIA: IMPORTACIONES SEGÚN PRINCIPALES PAÍSES DE ORIGEN	4
CUADRO 3. AUXILIARES DE TINTURA.....	7
CUADRO 4. BOLIVIA MANUFACTURERA Y PROCESADORA DE FIBRA ACRÍLICA 2021.....	23
CUADRO 5. PARÁMETROS TÉRMICOS	31
CUADRO 6. RELACIÓN DE AUXILIARES POR TONALIDAD	39
CUADRO 7. BENEFICIOS DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	53
CUADRO 8. ESTADISTICA AMBIENTAL DEL MUNICIPIO DE LA PAZ.....	64
CUADRO 9. RELACIÓN DE AUXILIARES POR TONALIDAD	75
CUADRO 10. CONSERVACIÓN MÁXIMA DE MUESTRAS.....	77
CUADRO 11. CÁLCULO DE AGUA POR MÁQUINA, ABC TEXTIL.....	78
CUADRO 12. CONSERVACIÓN MÁXIMA DE MUESTRAS ILLAMPU TEXTIL	86
CUADRO 13. CONSERVACIÓN MÁXIMA DE MUESTRAS ILLAMPU TEXTIL	86
CUADRO 14. COSTO DE AGUA POR TONELADA DE ACRÍLICO, ILLAMPU TEXTIL	87
CUADRO 15. GRADO DE DUREZA DEL AGUA EN LAS DOS PLANTAS	88
CUADRO 16. BALANCE DE MASA EN TINTURA TONOS CLAROS Y MEDIOS	91
CUADRO 17. BALANCE DE MASA EN TINTURA TONOS OSCUROS	92
CUADRO 18. INDICADOR PARA MONITOREO CONSUMO DE AGUA, AUTOCLAVE	94
CUADRO 19. INDICADOR PARA MONITOREO DE CONSUMO DE ÁCIDO.....	95
CUADRO 20. INDICADOR PARA MONITOREO CONSUMO DE AGUA, AUTOCLAVE	96
CUADRO 21. INDICADOR PARA MONITOREO DE CONSUMO DE ÁCIDO.....	97
CUADRO 22. PLAN DE MONITOREO DEL PROCESO DE TINTURA ACRÍLICA	106
CUADRO 23. PARÁMETROS A DESARROLLAR	108
CUADRO 24. MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL	111
CUADRO 25 MUESTRAS TOMADAS DE LOS EFLUENTES DE TEÑIDO ABC TEXTIL.....	114
CUADRO 26. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO).....	115
CUADRO 27. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	117
CUADRO 28. MUESTRAS TOMADAS DE LOS EFLUENTES DE TEÑIDO ABC TEXTIL.....	118
CUADRO 29. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO).....	120
CUADRO 30. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO).....	121
CUADRO 31. ESTUDIO DEL POTENCIAL DE HIDROGENO PH ILLAMPU TEXTIL.....	122
CUADRO 32. MUESTRAS TOMADAS DE LOS EFLUENTES (IILAMPU TEXTIL).....	123
CUADRO 33. MUESTRAS AGUA RESIDUAL (ILLAMPU TEXTIL)	124
CUADRO 34. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO).....	125
CUADRO 35. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO).....	126

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. TEÑIDO CATIONICO	6
GRÁFICO 2. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	13
GRÁFICO 3. ESQUEMA DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN.....	21
GRÁFICO 4. BOLIVIA MANUFACTURERA Y PROCESADORA DE FIBRA ACRÍLICA	22
GRÁFICO 5. PROCESO PRODUCTIVO ABC TEXTIL.....	24
GRÁFICO 6. PROCESO PRODUCTIVO ILLAMPU TEXTIL.....	25
GRÁFICO 7. MÉTODO DE TINTURA POR AGOTAMIENTO.....	39
GRÁFICO 8. MAPA DE PROCESOS ABC TEXTIL	42
GRÁFICO 9. MAPA DE PROCESOS ILLAMPU TEXTIL	43
GRÁFICO 10. SÍMBOLOS MÁS HABITUALES PARA PRESENTACIÓN DE DIAGRAMAS	44
GRÁFICO 11. CICLO PRODUCTIVO.....	48
GRÁFICO 12. PROCESO DE PRODUCCIÓN	54
GRÁFICO 13. UBICACIÓN DE LA PLANTA ABC TEXTIL.....	70
GRÁFICO 14. ORGANIGRAMA ABC TEXTIL.....	73
GRÁFICO 15. MÉTODO DE TINTURA CATIONICA ABC TEXTIL.....	74
GRÁFICO 16. FLUJO DE PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA ACRÍLICA - ABC TEXTIL	76
GRÁFICO 17. UBICACIÓN DE LA PLANTA ILLAMPU TEXTIL	80
GRÁFICO 18. ORGANIGRAMA ILLAMPU TEXTIL.....	82
GRÁFICO 19. CURVA DE TINTURA POR AGOTAMIENTO – ILLAMPU TEXTIL	83
GRÁFICO 20. FLUJO DE PROCESO TEÑIDO DE FIBRA ACRÍLICA - ILLAMPU TEXTIL	84
GRÁFICO 21. BALANCE DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PROCESO	90
GRÁFICO 22. SÓLIDOS SUSPENDIDOS (MG/L)	111
GRÁFICO 23. MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL	112
GRÁFICO 24. COLOR APARENTE COLOR VERDADERO.....	114
GRÁFICO 25. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	116
GRÁFICO 26. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	117
GRÁFICO 27. COLOR APARENTE COLOR VERDADERO.....	119
GRÁFICO 28. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	120
GRÁFICO 29. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	121
GRÁFICO 30. POTENCIAL DE HIDROGENO	123
GRÁFICO 31. POTENCIAL DE HIDROGENO	124
GRÁFICO 32. MUESTRA DE AGUA RESIDUAL.....	125
GRÁFICO 33. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	126
GRÁFICO 34. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	127

GRÁFICO 35. ESQUEMA DE PROCEDIMIENTO DE ALTERNATIVAS	129
GRÁFICO 36. MAPA DE PROCESOS - ILLAMPU TEXTIL	134
GRÁFICO 37. MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL DESPUÉS DEL TEÑIDO CATIONICO	136
GRÁFICO 38. COSTO DE AGUA/TONELADA DE ACRÍLICO, ILLAMPU TEXTIL	138

RESUMEN

La presente investigación consiste en el desarrollo de un programa de “Producción Más Limpia” en teñido de fibra acrílica, esta se desarrolla en un entorno de necesidades de minimización del impacto ambiental de la industria textil, cambiar los procesos de producción considerando los ahorros en el consumo de agua e insumos químicos.

Se analiza opciones de minimización: disminución de consumo de agua, insumos químicos y auxiliares en máquina de tintura de fibra acrílica y disminución de consumo de agua, ácido y retardante de tintura.

En los países en vías de desarrollo como Bolivia, de un modo general, la industria textil no conoce los problemas de contaminación ambiental que genera su actividad, ni las oportunidades que existe para solucionar estos problemas. Frente a esta realidad es conveniente analizar la posibilidad de desarrollar enfoques modernos de producción para nuestra industria como ya desarrollados en varios países de la región con la denominada “Producción Más Limpia”

Durante la investigación se realiza las primeras tareas con el reconocimiento de la planta industrial ABC Textiles e Illampu Textil, donde se observa maquinaria, equipos, análisis de procesos operativos. Se recolecta información primaria y secundaria sobre todos los procesos, materias primas, consumo de auxiliares, procesos de tintorería empleados, toma de muestras para posteriormente pasar al análisis de laboratorio de efluentes.

Un aspecto importante del trabajo de campo, fue la medición de caudal de agua en procesos de tintorería, la empresa Illampu textil, tiene una tecnología de 20 a 30 años atrás, esto dificultó tener mayor precisión en la medición del consumo de agua, por otra parte la empresa ABC Textil, cuenta con maquinaria alemana, (THIES A.) tecnología moderna, que permitió tener datos más precisos y medir consumo de agua.

Se tomó muestras de las descargas residuales de aguas de tintura y del final de proceso de acabado, los resultados evidencian los siguientes parámetros: Para la empresa ABC Textil SRL, DBO₅ en mg/l 789, DQO en mg/l 1416, color aparente, color verdadero en Unit.PT-co 223. Estos tres elementos permitieron desarrollar dentro de la propuesta de P+L

la disminución de enjuagues, generando ahorro de agua en 27.000 litros para 380 kg de fibra acrílica, también se ahorraría en energía y costo de agua. En la empresa se puede reutilizar los baños, no hay presencia de color de acuerdo a la determinación del color verdadero, en este planteamiento incluido los insumos textiles y reactivos químicos.

Para la empresa Illampu Textil SRL, que tiene en su procedimiento de tintura y agotamiento, un enjuague y en el mismo baño un acabado de suavizado, no lleva los tres enjuagues que tiene la otra empresa, los parámetros encontrados son: DBO₅ en mg/l 900. DQO en mg/l 1608, color verdadero en Unit.PT-Co 442, Illampu Textil, tiene parámetros más elevados pero todavía utilizables como agua de reúso para el próximo teñido, tiene otro planteamiento pero el porcentaje de insumos textiles residuales son de Retardador de teñido de 60%, ácido fórmico 80% residual. Esto nos permite plantear en el programa de P+L, el reusó de los baños de tintura y de insumos químicos, permitirá ahorro y menos efluentes que tratar.

Palabras clave:

Producción Más Limpia – residuales – impacto – contaminación – reúso - agua

ABSTRACT

This research consists of the development of a "Cleaner Production" program in acrylic fiber dyeing, this is developed in an environment of needs to minimize the environmental impact of the textile industry, change the production processes considering the savings in the consumption of water and chemical inputs.

Minimization options are analyzed: reduction of water consumption, chemical and auxiliary inputs in acrylic fiber dyeing machine and reduction of water, acid and dye retardant consumption.

In developing countries like Bolivia, in general, the textile industry does not know the problems of environmental pollution that its activity generates, nor the opportunities that exist to solve these problems. Faced with this reality, it is convenient to analyze the possibility of developing modern production approaches for our industry as already developed in several countries of the region with the so-called "Cleaner Production"

During the investigation, the first tasks are carried out with the recognition of the textile plant, ABC Textiles and Illampu Textile, where machinery, equipment, analysis of operational processes are observed. Primary and secondary information is collected on all processes, raw materials, consumption of auxiliaries, dry cleaning processes used, taking samples to later go on to the effluent laboratory analysis.

An important aspect of the field work was the measurement of water flow in dyeing processes, the Illampu textile company has a technology from 20 to 30 years ago, this made it difficult to have greater precision in the measurement of water consumption, on the other part of the ABC Textil company, it has German machinery, (THIES A.) modern technology, which allowed to have more precise data to measure water consumption and to have more precise data.

Samples were taken from the dyeing water waste discharges and from the end of the finishing process, the results show the following parameters: For ABC Textil SRL, BOD5 in mg / l 789, COD in mg / l 1416, apparent color, true color in Unit.PT-co 223. These three elements allowed to develop within the P + L proposal the reduction of rinsings, it generates

water savings in 27,000 liters processing 380 kg of acrylic fiber, it would also save in energy and cost of Water. In the company, the bathrooms can be reused, there is no presence of color according to the determination of the true color, in this approach including textile inputs and chemical reagents.

For the company Illampu Textil SRL, which has in its dyeing and exhaustion procedure, a rinse and a smoothing finish in the same bath, it does not have the three rinses that the other company has, the parameters found are: BOD5 in mg / l 900. COD in mg / l 1608, true color in Unit.PT-Co 442, as you can see Illampu Textil have higher parameters but are still usable as reuse water for the next dyeing, it has another approach, but the percentage of inputs Residual textiles are Dye Retarder 60%, Residual 80% formic acid. This allows us to propose in the P + L program, the reuse of dyeing baths and chemical inputs, will allow savings and less effluents to treat.

Keywords:

Cleaner Production - waste - impact - pollution - reuse - water

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación consiste en la aplicación de Producción Más Limpia en la industria textil, específicamente en la etapa de tintura de la fibra acrílica con el propósito de generar procesos de mejora en la tintura. La industria textil se caracteriza por ser una de las actividades contaminantes debido a la descarga de los efluentes, entre los impactos ambientales referido a la industria textil. Están las aguas residuales que se generan en todas las etapas del procesamiento, sobre todo después de un proceso de tintura en la que lleva carga química, temperatura y pH, a esto debemos añadir el consumo de agua y energía entre otros.

Existen herramientas de gestión ambiental entre las que se observa Producción Más Limpia, planteando oportunidades de mejora, reducción de costos en el consumo de agua, con la sola aplicación de curvas de proceso corto, donde disminuye los enjuagues innecesarios durante el proceso de acabado de la fibra acrílica, este no requiere de inversión, solo se necesita de ajustes en las curvas de procesos.

La investigación propone reducir el consumo de agua por lo tanto reducir el vertido de efluentes, bajo la normativa del “Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero RASIM”. Proveniente de la ley 1333 del Medio Ambiente. Artículo 13° - Producción Más Limpia. Y dice “La industria será responsable de priorizar sus esfuerzos en la prevención de la generación de contaminantes a través de la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral a procesos, productos y servicios, de manera que se aumente la eco-eficiencia y se reduzcan los riesgos para el ser humano y el medio ambiente” (RASIM, 2002)

En general las medianas y pequeñas empresas que la investigación observa durante el trabajo de campo ABC TEXTIL e ILLAMPU TEXTIL, no cuentan con personal especializado que presente alternativas ambientales, es por esta razón que a “Producción Más Limpia en el proceso de Tintura para la Fibra Acrílica en la Industria Textil” es la investigación que tiene el desafío de alcanzar a medianas y pequeñas empresas que muestran mayor necesidad y dificultad de innovación en estrategias ambientales e implementación de nuevos procesos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Identificación del problema

La problemática de la producción limpia en la industria textil está relacionada al desarrollo sostenible del país. Esta problemática todavía no encuentra un camino por donde conducir al modelo de la producción y consumo.

La industria textil consume mucha energía, agua, colorantes poco degradables y sustancias químicas, los que se utiliza en las etapas de procesamiento húmedo, la mayoría de estos procesos implica tratamiento con sustancias químicas, entre estos podemos mencionar las siguientes: etapa de lavado, pre-tratamiento, teñido, enjuague y acabado, los cuales generan grandes volúmenes de aguas residuales con una variedad de contaminantes que deben recibir tratamiento antes de evacuarse. Por otra parte, la industria textil y específicamente tintorería consume mucha energía para calentar, enfriar baños químicos y aguas de varios enjuagues.

La gestión ambiental en nuestro país ha sido muy difícil de emprender, eventualmente contamos con una ley de medio ambiente y su reglamento que es la Ley 1333, incluso se tiene autoridades ambientales que hasta el momento no ha sido posible encontrar una vía de soluciones a una problemática difícil como la contaminación de la industria manufacturera textil.

La Gobernación en conjunto con las alcaldías municipales han generado un programa de control de vertido de efluentes, que implementaron desde hace años, en este control solo se observa el color del vertido y la temperatura, controles que no resultan muy eficientes a la hora de contrastar con los resultados ambientales que se producen.

Ante un panorama difícil desde cualquier óptica, debemos encontrar alternativas de Producción Más Limpia que sea posible poner en práctica para minimizar los daños a la naturaleza.

La fundación MEDMIN. Memorias del dialogo ambiental en Bolivia, habla de la gestión ambiental que es muy escasa, gran porcentaje de las empresas nacionales son pequeñas

(PYMES) e informales en la industria textil, generalmente desconocen la normativa **PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

ambiental vigente y delimita capacidad técnica que le permita adecuarse a los avances. Las condiciones de fondo para la aplicación de la gestión ambiental serán.

Cuadro 1. Condiciones de fondo de la gestión ambiental

- Desarrollo económico de Bolivia fue, es y tiende a ser intensivo en el uso de recursos naturales.
- Preservar la base productiva de los recursos naturales renovables a través de un uso sostenible es evitar escasez en el futuro.
- Persiste la contaminación de aguas superficiales con descargas industriales, degradación de suelos y descertificación.
- La contaminación urbana es amenazante, si no se desarrollan capacidades satisfactorias de prevención y control.
- Gran porcentaje de las empresas nacionales son típicamente pequeñas e informales.
- La gestión ambiental y el desarrollo humano van de la mano

Fuente: Fundación MEDMIN 1999

Entendiendo que el objetivo central de la Producción Más Limpia es satisfacer las necesidades de generar productos en forma sustentable, mediante la recuperación de materiales valiosos, la reducción, en el consumo de recursos y un mejor control de los procesos.

1.1.1.1 Acrílico en La Paz

El tamaño de producción de acrílico como hilo y borra teñida, está representado por una producción de 1000 ton/mes, esta cifra es de la producción nacional tomando en cuenta eje central del país, la actividad de la industria textil se concentra en su mayoría en el departamento de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz.

El crecimiento del rubro textil en fibra acrílica fue cambiando en el tiempo, los últimos diez años incremento la importación de fibra acrílica, que el país procesa en las plantas de textil.

Cuadro 2. BOLIVIA: Importaciones según Principales Países de ORIGEN

5 PERÚ		Nandina	Producto	Volumen	Valor	% s/Valor	
Bolivia: Principales 10 productos importados desde Perú Gestión 2020 (Datos preliminares) (En kilos brutos y dólares estadounidenses)		2710192100	Diésel	194.317.445	95.685.049	17,46	
		7214200000	Barras de hierro o acero sin alea	91.720.064	60.331.516	11,01	
		9619001010	Pañales para bebés	7.358.620	21.969.897	4,01	
		3402200000	Preparaciones tensoactivas para lavar	19.732.301	18.468.391	3,37	
		3920100000	Placas, láminas, hojas y tiras de polímeros de etileno	5.048.754	15.401.670	2,81	
		2710121330	Gasolinas con un índice de antidetonante entre 90 y 95	18.062.500	12.111.999	2,21	
		2710121310	Gasolinas sin tetraetilo de plomo para motores de vehículos automóviles con un índice de antidetonante inferior a 87	23.800.000	11.937.562	2,18	
		7216210000	Perfiles de hierro o acero sin alea en "L"	16.977.125	11.447.928	2,09	
		5506300000	Fibras sintéticas discontinuas o transformadas de otro modo para la hilatura, acrílicas o modacrílicas	3.480.745	9.539.744	1,74	
		2103902000	Condimentos y sazonadores, compuestos	2.956.030	8.554.182	1,56	
			Resto de productos	216.308.083	282.474.145	51,55	
		Total Importado (1.634 productos)			599.761.667	547.922.083	100,00

Fuente: Instituto Nacional de Estadística INE Nota: Informe datos preliminares de febrero 2021.

Elaboración Instituto Boliviana de Comercio exterior IBCE

Las empresas textiles de hilandería de fibra acrílica, en el departamento de La Paz, son 6 empresas entre grande medianas y pequeñas.

- Hilbocril (Hilbo). Empresa mediana = Paralizado por juicio laboral
- Illampu Textil (BB). Empresa mediana = En producción
- ABC Textiles. Empresa mediana = En producción
- San Pedro Textil. Empresa grande = Paralizado por emergencia medica
- Textiles Copacabana. Empresa mediana = En producción
- Hilandería y Textiles Illimani, Empresa Pequeña = Retornando a la producción

1.1.2 Empresas de estudio

La industria textil procesadora de fibra acrílica en el departamento de La Paz, hasta antes de la pandemia estaba conformada por 5 medianas empresas de las cuales, por diferentes situaciones dos de ellas cesaron su producción debido a varias circunstancias. En este entendido y para lograr una representatividad en el estudio se decidió asumir como objeto de estudio a dos empresas, de las tres restantes que actualmente se encuentran en funcionamiento. Estas empresas son ABC TEXTIL e ILLAMPU TEXTIL

ABC TEXTIL, procesa alrededor de 200 kilogramos de fibra acrílica por día.

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

ILLAMPU TEXTIL procesa alrededor de 400 kilogramos de fibra acrílica por día.

El acrílico como fibra contiene por lo menos 85% de acrilonitrilo polimerizado, según el documento ARFIRM, Manual de química, la mayor parte de las fibras PAN, contienen copolímero con 89%. Los impactos ambientales de la fibra vienen principalmente de contenidos de solventes residual (0.2 a 2,0 %) y de los sistemas primarios y secundarios aplicados en la preparación. (SEDLAK, 2013)

En las diferentes etapas de procesamiento del teñido acrílico de las dos empresas textiles, se observa similitud en procesos y uso de colorantes catiónicos básicos, estos colorantes se utilizan para obtener todo tipo de tonos en color sobre la fibra de poliacrilonitrilo, la obtención de un rápido teñido y excelente

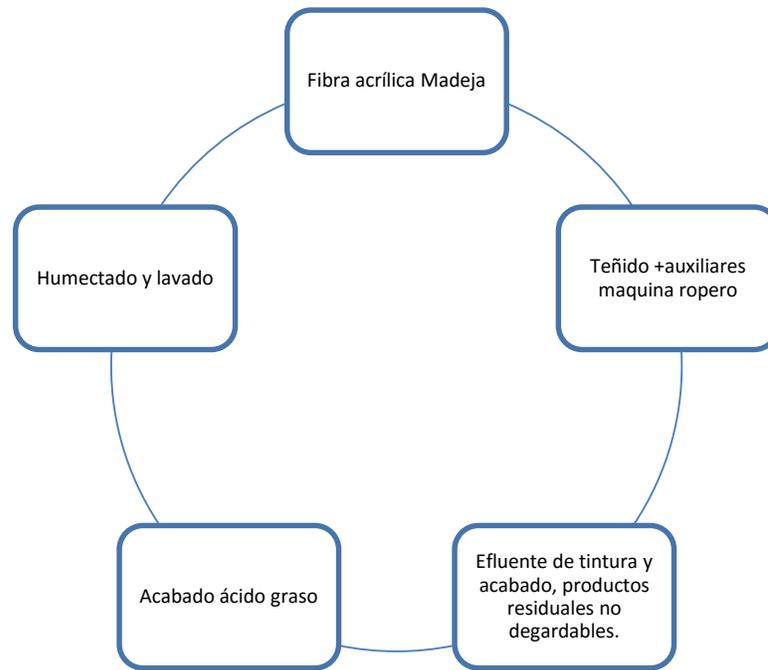
Los colorantes básicos se pueden disolver en agua, sale mejor la solución con ácido acético, una de las mayores causas de polución de este en las tinturas, es el porcentaje de agotamiento o fijación en la fibra, el cual posteriormente es desechado a los efluentes, en el caso del acrílico el grado de agotamiento de los colorantes catiónicos es de 96 a 100%.

Cuando el colorante no agota en un proceso de tintura, son desechados como aguas residuales, esto tiene un alto impacto visual, en dependencia de como sea las determinaciones en el análisis químico de carga compuesto de compuestos orgánicos expresado en valores de DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y metales pesados como el Cobre, Zinc, Cromo y Níquel, altamente tóxicos al ambiente, los colorantes no son biodegradables. (SEDLAK, 2013).

Para destacar que las formulas del teñido, contiene 30% de tintura pura, por lo tanto la mayoría de las formulas contiene dispersantes los que no son biodegradables, otro aspecto de la tintura con colorantes básicos es altamente fino en las moléculas de color, por lo tanto la polución es dañino para el obrero que pesa el colorante.

El ingreso en la etapa de teñido de reactivos químicos, dispersantes y retardante de tintura, son elementos químicos que quedan en los efluentes, finalizando la tintura, este elemento nos conduce a plantear mejoras en la etapa de teñido de fibra acrílica.

Gráfico 1. Teñido catiónico



Fuente: Elaboración Propia, con datos de planta ABC Textil-Illampu Textil (2021)

En el caso de ILLAMPU TEXTIL, la empresa objeto de estudio, es procesadora de hilo de acrílico, desde el lavado pasando por el teñido y acabado, la empresa está en el mercado boliviano hace 10 años.

ILLAMPU TEXTIL, procesa 100 toneladas mes de fibra acrílica desde el lavado hasta el teñido y acabado.

Cuadro 3. Auxiliares de tintura.

Composición	Esta lista representa un número de sustancias que se utilizan en el proceso de tintura.
	Sal (NaCl) Sulfatos, Sulfitos, Sulfuros Fosfatos Boratos Acido Fórmico Las siguientes sustancias son de origen orgánico Ácido Acético, Acetatos Estos auxiliares se usan como auxiliares en el teñido.
Uso	Los auxiliares de teñido más comunes son agentes de igualación que son empleados para mejorar la distribución e igualación del colorante en el género.
Aplicación	Los auxiliares se aplican con los colorantes en baños de agotamiento.
Impacto Ambiental	Muchos ácidos se neutralizan en el proceso de teñido y se desechan como sales. Casi todas las sustancias orgánicas se desechan en los efluentes. Los alquifenoles etoxilados, en aguas residuales, son tóxicos para los peces y recientemente se identificó como es un disruptor endocrino débil que daña al ser humano.

Fuente: Elaboración Propia a partir del manual químico. (SEDLAK, 2013)

La presente investigación pretende contribuir a la problemática del medio ambiente de la industria textil, específicamente en la etapa de teñido de fibra de acrílico en un proceso de agotamiento en tintorería mediante la aplicación de métodos de teñido, procesos de tintura y manejo eficiente de los productos junto a la adecuación del personal en varios rubros tomando en cuenta la ley de medio ambiente, procesos cortos de teñido y uso de insumos eficientes.

1.1.3 Formulación del problema

¿Cómo minimizar el impacto ambiental provocado por el área de tintorería textil en fibra acrílica, haciendo eficiente el uso del agua en el proceso de tintorería?

1.1.4 Planteamiento de los objetivos

1.1.4.1 Objetivo general

Proponer un programa de Producción Más Limpia en el área de tintorería de fibra de acrílico en la industria textil de la ciudad de La Paz, haciendo eficiente el uso del agua en el proceso de tintura.

1.1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado de situación del consumo de agua en el área de tintorería textil de fibra de acrílico estableciendo el impacto ambiental producido por esta sección.
- Analizar los efluentes tintóreos referentes a la toxicidad de los componentes utilizados en el teñido además del consumo de energía y agua para establecer el impacto ambiental que produce.
- Desarrollar procesos de producción más limpia en el área de tintorería textil que permitan la reducción del impacto ambiental que produce la utilización de agua que no incrementen costos.
- Evaluar los beneficios que genere la propuesta de un programa de Producción Más Limpia en el área de tintorería textil de las empresas de estudio.

Operativización de variables:

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE propuesta del Programa Producción Más Limpia	Es una estrategia ambiental, preventiva e integrada, a los procesos productivos, del área de teñido para incrementar la eficiencia del uso de agua	Utilización del agua en los procesos tintóreos de las empresas objeto de estudio	Volumen de utilización de agua por proceso
		Emisión de efluentes de los procesos	Componentes de los efluentes emitidos por los procesos
DEPENDIENTES - Impacto ambiental producido por la utilización de agua - Eficiencia del proceso de tintura	Resultado de actividad humana que genera un efecto sobre el medio ambiente. Es una métrica relativa en una escala porcentual empleada para comparaciones absolutas.	Efluentes emitidos en los procesos de tintura.	Características de los efluentes
			Volumen de efluentes emitidos
		Reducción del uso de agua en los procesos de tintura.	Volumen de agua reducida en los procesos

1.1.5 Justificación de la investigación

1.1.5.1 Justificación ambiental

La propuesta de un programa de Producción Más Limpia está asociado con la disminución de los agentes del impacto ambiental negativo, que afectan factores como recursos naturales, biodiversidad y salud.

1.1.5.2 Justificación económica

La implementación de la PML promueve la producción con un enfoque ambiental lo que en el fondo implica una reducción sustancial de costos, tanto en la producción como en el tratamiento de los productos que se realiza en las empresas que producen fibra acrílica.

Lo anterior se puede explicar de la siguiente forma: primero, las técnicas de prevención de la contaminación, la reutilización y el reciclaje de residuos disminuyen la emisión de residuos nocivos al medio ambiente, ya que constituyen la optimización el uso de materias primas en insumos. Segundo, al reducirse la generación de residuos disminuye la cantidad de desechos que deben ser tratados al final del proceso, con la consecuente reducción de los costos de tratamiento.

1.1.5.3 Justificación social

La sustitución de materiales, sustancias tóxicas, el control de derrames y fugas, reducen los riesgos de accidentes laborales y mal funcionamiento de equipo. Esto en conjunto se traduce en un mejoramiento y seguridad de las condiciones de trabajo, trayendo como consecuencia beneficio en productividad para la empresa. Además de incidir directamente en el bienestar de las familias de donde son parte los empleados de este tipo de industria.

Así mismo, la reducción de impactos ambientales directamente beneficia a la población circundante a las empresas, las cuales generalmente son las que sufren las consecuencias de la contaminación

1.1.5.4 Justificación Técnica

La Producción Más Limpia en tintorería textil, al plantear la implementación de nuevos procesos y procedimientos que busca minimizar cantidad de desechos de efluentes líquidos, que serán vertidos a los lechos de agua y suelos, generando mayor contaminación, se transparenta en la innovación técnica de las empresas estudiadas.

Esta innovación técnica en las empresas de estudio busca satisfacer las necesidades de generar productos en forma sustentable, mediante la recuperación y reutilización de materiales valiosos, la reducción en el consumo de recursos y un mejor control de los procesos.

1.1.6 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La actividad industrial textil en Bolivia se encuentra concentrada principalmente en el eje central del país, La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, en conjunto comprende entre 80% de la producción. El estudio se realiza en la ciudad de La Paz, donde se ha podido identificar la existencia de 5 empresas entre medianas y grandes, que se dedican al procesado de fibra acrílica, empresas que componen la industria textil acrilero del departamento. Durante la gestión 2021, solo tres de las 5 empresas se encuentran funcionando. En ese entendido se ha determinado realizar el estudio en dos empresas que son ABC TEXTIL e ILLAMPU TEXTIL,

La investigación tendrá una duración de 9 meses, iniciando la investigación 20 de marzo de 2021 al 25 de diciembre de 2021

Se profundiza en el estudio de la producción más limpia, ajustando estos conceptos al área de tintorería, con el objeto de poder identificar los componentes que sustenten la propuesta de producción más limpia para el área de tintorería de las empresas estudiadas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DEL ARTE

Existen numerosos trabajos en la industria textil, de producción más limpia, que toca al proceso de tintorería, métodos y estrategias que muestra cómo enfocar los trabajos de mejora, en la etapa que la investigación aborda estos aspectos importantes como las estrategias aplicadas en la industria textil.

En este sentido el trabajo realizado por Geovanna Mishel Fernandez, de “Aplicación de Producción Más Limpia en una Industria Textil” en el trabajo de tesis estudia y plantea Estrategias de producción más limpia. El trabajo agrupa en tres niveles las estrategias:

Estrategia de nivel 1

Lo más importante en este nivel es considerar la reducción en la fuente. En él se desarrolla todas las acciones de la implementación de producción más limpia para prevenir y reducir la contaminación como también para hacer más rentable la producción de un producto o servicio. Su acción está enfocada a encontrar oportunidades de mejora y prevención de la contaminación con cambios en el producto y servicio como también cambios en el proceso productivo. (Acero, 2005)

Los cambios en el producto deben lograr productos con idénticas características de calidad y finalidad de uso; mientras que los cambios en el proceso permiten encontrar y aplicar varias oportunidades de producción más limpia como: Buenas prácticas operacionales de la organización y manufactura, sustitución de materias primas y cambios tecnológicos. (Acero, 2005)

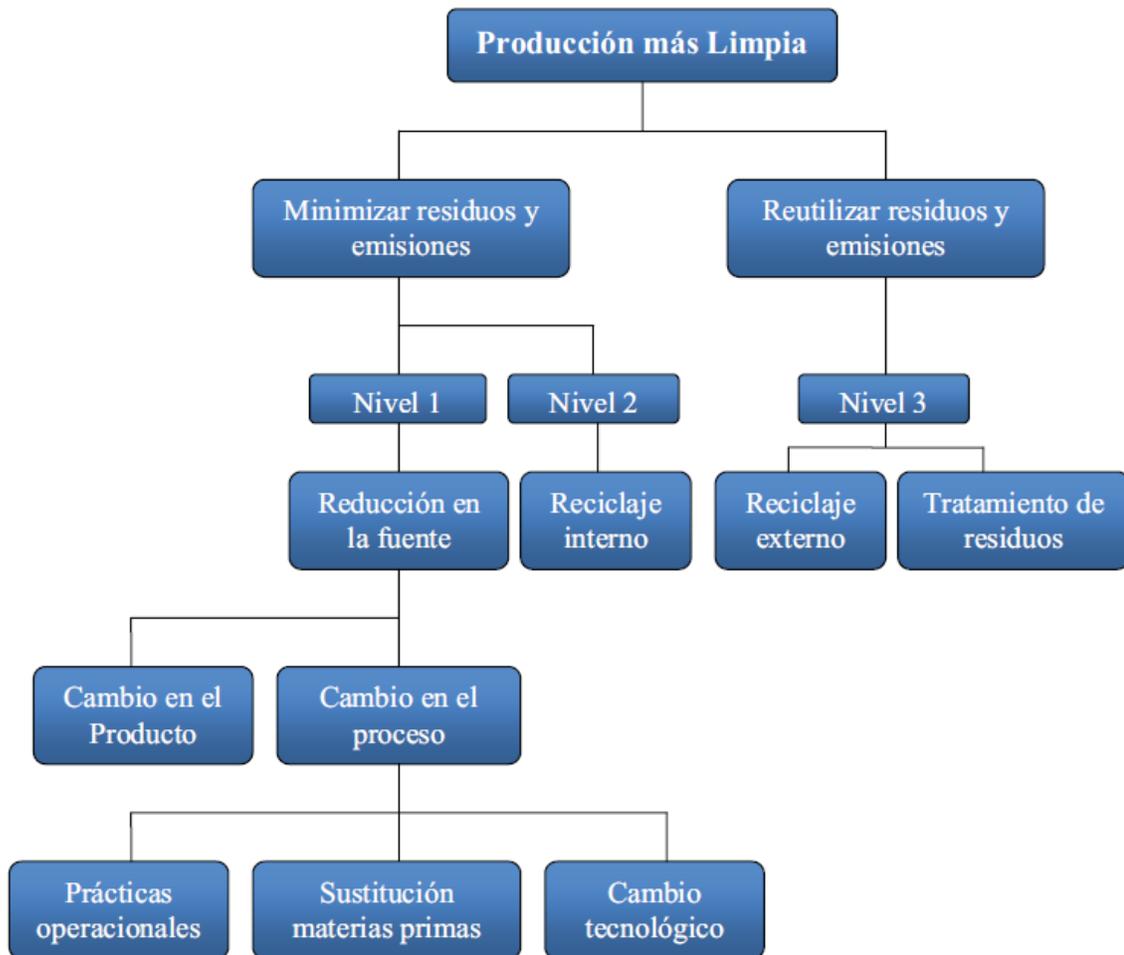
Estrategias de nivel 2

Una vez realizada la reducción de residuos en la fuente, aquellos que no han sido eliminados se les debe dar la opción de reusarlos internamente recuperarlos como materia prima para otro proceso o crear productos (Acero, 2005)

Estrategias de nivel 3

Agotadas todas las estrategias que involucran los niveles 1 y 2 se impulsa la estrategia 3 que consiste, que consiste en aplicar técnicas de fin de tubo, sus estrategias son el reciclaje externo, y el tratamiento de los residuos sean sólidos, líquidos o gaseosos (Acero, 2005)

Gráfico 2. Producción Más Limpia



Fuente: Nivel de aplicación de estrategias de Producción Más Limpia (Acero, 2005)

Aplicar Producción más Limpia como una estrategia preventiva resulta ser una inversión. Al utilizar menos materia prima, menos agua y menos energía se reduce la contaminación lo que significa menos dinero invertido en tratamientos de desechos y en consecuencia

mayores ganancias. Es económicamente y ambientalmente superior a estrategias tradicionales de control al final del proceso o tecnologías de limpieza (Craig, 2004).

Alcanzar producción limpia en una empresa ciertas veces requiere la toma de decisiones simples en el entorno inmediato, en donde uno se mueve y actúa por ejemplo.

- Realizar mantenimiento preventivo para disminuir el tiempo de parada de la planta.
- Apagar la luz y los motores cuando no estuviera en uso.
- Evitar mezclar diferentes tipos de residuos.
- Reciclar aguas y otros materiales en el proceso productivo
- Emplear materias primas no tóxicas y de mejor calidad
- Recuperar energía donde se posible
- Cambiar el equipo o el layout para mejorar la eficiencia y el flujo de materiales
- Eliminar tiempos en vacío. (Craig, 2004)

Las medidas que se tocan en esta cita de G. Fernández, son importantes toda vez que son medidas preventivas de ahorro que es el enfoque de la investigación, las medidas que hay que tomar para mejorar el vertido de efluentes desde el inicio del proceso, con el ahorro de agua. Por lo tanto, el no uso de agua es el no efluente tratado o vertido a los desagües de los hogares.

Otro aspecto importante es la implementación de productos eficientes para el proceso de tintorería, este enfoque permitiría ahorro y menos contaminación, tomando en cuenta que el agotamiento de las reacciones químicas en tintorería será en un porcentaje elevado. Este aspecto permitirá el reuso de los efluentes.

Otro de los aspectos importantes que toca Rubén Ernesto Capcha Querevalú, en su "Propuesta de un modelo de éxito de Gestión Ambiental para las Medianas Empresas del Sector Textil-Confecciones de Lima Perú, basado en la ISO 14001:2004 y la Producción Más Limpia"

Se identificaron que los principales impactos ambientales tienen que ver con la generación de residuos (retazos de tela, cartón, bolsas, etc), la generación de efluentes líquidos

(proceso de lavado), la utilización de químicos contaminantes (proceso de estampado y teñido) y el consumo de agua y energía.

De esta manera, se propone un Modelo de Éxito de Gestión Ambiental, basado en la norma ISO 14001 y la Producción Más Limpia, que ayude a este tipo de empresas a eliminar o reducir los efectos de sus aspectos ambientales y así logren tener un buen desempeño ambiental que les permita ser más competitivos, rentables y sostenibles en el mercado.

En el Perú, el concepto que se le ha dado a las medianas empresas es muy diverso, debido a que antes no se fomentaba el desarrollo de este tipo de empresas. Según el Instituto de Estadística e Informática (INEI) se tiene que, hasta septiembre del 2012, existen alrededor 1 millón 575 mil 529 empresas que realizan actividad económica, de las cuales 9527 o el 0.6% pertenecen a la mediana y gran empresa de país. (INEI, 2012)

En la actualidad el desarrollo industrial ha ido creciendo, debido al uso de tecnologías avanzadas y el desarrollo de procesos complejos que utilizan recursos naturales, lo cual pone en peligro a los seres vivos (animales, plantas y al ser humano) (Garzón, 2012). Las actividades generadas por la industria traen como consecuencia los siguientes:

Alta polución y concentración de material particulado nocivo para la salud presente en el aire.

La contaminación de ríos y lagos por la disposición inadecuada de químicos.

La producción de gases altamente tóxicos como resultado de la combustión de residuos orgánicos durante su tratamiento como residuos.

La contaminación por ruido generado por máquinas y equipos presentes en las plantas de producción. (Garzón, 2012).

Las consecuencias mostradas no pasan desapercibidas por las organizaciones ya que son conscientes del daño y por ende manejan algunas alternativas con el fin de eliminar o reducir el impacto negativo generado por las actividades industriales. (Garzón, 2012) Por este motivo, la gestión ambiental se ha convertido en un aspecto relevante para las organizaciones, especialmente, para la industrias, ya que las hace más exitosas gracias a

sus excelentes resultados (ACOSTA, 2013). La gestión ambiental es un aspecto importante, sino también abarca la creación de políticas ambientales, con el único fin de mantener el entorno que puede afectar a las personas o a la sociedad en su conjunto. (Garzón, 2012). Es así como la variable ambiental comienza a formar parte de la decisión empresarial, condicionada por los cambios del entorno, desarrollándose en concepto de Gestión Ambiental en las organizaciones.

Este tiene por objeto armonizar las actividades del ser humano con el medio ambiente por medio de instrumentos que ayuden a proporcionar mejoras ambientales como, por ejemplo, minimizar la utilización de insumos o reducir la generación de residuos. En pocas palabras, lo que se quiere lograr es una mejor relación entre el hombre y el entorno que lo rodea. (Aguirre, 2010)

Esta corriente de análisis referente a una gestión ambiental, nos muestra los avances de la industria textil en Perú, que toma como punto de inicio y aporte el ISO 14001, esta norma muy importante aceptada internacionalmente para el manejo del equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la disminución del impacto negativo al medioambiente.

Implementar esta norma solo si hay compromiso de los diferentes componentes de la organización, los que deben tener claro los objetivos ambientales y un compromiso de los altos responsables de la organización.

ISO 14001, es importante la norma en las siguientes organizaciones:

- Compañía de alto y bajo riesgo
- Industrias manufactureras, o de servicios, y los gobiernos locales.
- Sectores industriales (públicos y privados)

Cabe mencionar que la norma internacional, se basa en la metodología Planificar – hacer – verificar – actuar, que se describe:

Planificar: De acuerdo con la política ambiental fijada por la organización, se establece los objetivos ambientales y procesos necesarios para lograr resultados.

Hacer: Se implementan los procesos.

Verificar: Se realizan seguimientos y mediciones a los procesos implementados para ver si están alineados con la política ambiental, los objetivos, las metas, los requisitos legales y otros requisitos, para después informar sobre los resultados.

Actuar: se toma acciones para tener una mejora continua del desempeño del sistema de gestión ambiental. (SGA, 2004)

Finalmente, referido a la norma que ha posibilitado que la empresa de cualquier parte del mundo produzca con calidad sin que se descuide sus responsabilidades de cuidar el medio ambiente y que trata sus efluentes o desechos sólidos.

Mirando las cosas en perspectiva, se puede decir que la industria textil gasta ingentes cantidades de agua, que no solo la usa la devuelve contaminada con insumos químicos y un alto pH o muy bajo. Para tal situación, se observa un planteamiento muy importante, ahorro de agua en los procesos industriales, sin exceder el uso.

Esta razón nos conduce a elaborar procesos más eficientes, los cuales se verán desde el punto de vista de varias investigaciones realizadas, uno de los más destacados es Gestión y Producción Más Limpia de Oscar Tinoco Gomes, en su trabajo "Gestión y Producción Más Limpia". Este enfoque muestra a la industria como generador de contaminantes sobre el medio ambiente, el aspecto más importante es la generación de contaminación del agua como resultado del uso en la industria manufacturera, existiendo las siguientes causas de la creciente contaminación del medio ambiente:

- ✓ Crecimiento industrial no planificado
- ✓ Uso de tecnología desactualizada
- ✓ Número elevado de micro, pequeña y mediana empresa
- ✓ Deficiente proceso de eliminación de residuos.

Los siguientes son aspectos importantes que son analizados por Divo et al (2012) donde Señala:

- a) La percepción de los riesgos para la humanidad debido a los impactos negativos sobre el ambiente por parte de la actividad industrial.

- b) Inicialmente, estas medidas se orientaron a la disminución de la contaminación por tratamiento al final del proceso.
- c) En los últimos años las medidas recaen en la adopción de enfoques preventivos en las actividades productivas, relegando a un segundo plano la utilización de tecnologías de control de salida al final del proceso. (TINOCO GOMEZ, OSCAR,2019)
- d) Continuando con el análisis en la investigación, el libro Gestión y Producción Más Limpia, del Ing. Oscar Tinoco, se mencionan algunas definiciones que aportan a una mejor comprensión del significado y contenido de Producción Más Limpia, por ejemplo la dada por Van Hoff et al (2008) donde hace hincapié que la importancia de la Producción Más Limpia radica en el enfoque preventivo antes que correctivo, utilizando estrategias sostenibles con bajas inversiones asociadas a tecnologías limpias.

Así mismo menciona a Odes (2002) quien indica que los actores principales son el Estado, que viene a ser ente regulador de la aplicación de las leyes, los gremios (empresariales y laborales), que son los productores de industria, la comunidad como ser los trabajadores y pobladores quienes son los consumidores y mano de obra, como también las instituciones relacionadas a la ciencia y la tecnología, como ser las universidades o institutos de investigación, quienes son los formadores de conocimiento y ciencia, todos juntos son los responsables de lograr la aplicación de mejoras para el medio ambiente.

El estudio de la Guía Técnica indica que la Producción Más Limpia, incrementa la eficiencia productiva, recomendando que las empresas administren de manera eficiente y óptima las materias primas, así como el agua y la energía, permitiéndole producir las mismas mayor cantidad de productos pero utilizando una menor cantidad de insumos, consecuentemente se logrará la disminución de costo unitario de producción como también se reducirá la cantidad de residuos generados. Al necesitar una menor cantidad de insumos para generar la misma cantidad de productos, también se está permitiendo el uso de esos insumos en otras actividades o simplemente al dejar de utilizarlas se está ayudando a la preservación de estos (Ej.: acuíferos). (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005)

Más aún, se produce la reducción tanto del costo de tratamientos de desechos como de los impactos negativos en el medio ambiente. Por lo tanto, el incremento de la eficiencia

productiva, implica beneficios económicos y ambientales simultáneos, que pueden no solo solventar las acciones de La Producción Más Limpia, sino mejorar la competitividad de las empresas. Consecuentemente, la Producción Más Limpia se la debe reconocer como una estrategia empresarial cuyo objetivo es ser económicamente sostenible, minimizando los daños ambientales y maximizando los rendimientos económicos, que significa un atractivo para cualquier empresa, estas estrategias son factibles, y existe una exigibilidad de ser aplicadas en la industria.

Una observación que menciona la Guía Técnica General de Producción Más Limpia, es que las industrias deben adoptar una voluntad para el cambio, lo que le permitiría a los actores adaptarse o beneficiarse del desarrollo, también deben medir los logros alcanzados, en los procesos implementados, también es saludable intercambiar experiencias entre empresas, y ver a otras empresas no como competidores, sino como colaboradores, ya que cada industria tiene sus características particulares que distingue a unas de otras. (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005)

En el documento también menciona que el Gobierno de Bolivia, a través de la Estrategia Boliviana de la Reducción de la pobreza, promueve políticas con el uso adecuado de recursos naturales en pro del desarrollo sostenible, reduciendo la contaminación en áreas pobladas, fortaleciendo también las pequeñas y micro empresas para que sean competitivas y autosustentables. El marco legal de las políticas ambientales se fundamenta en la Constitución Política del estado, así como también en los municipios se emiten resoluciones, ordenanzas, reglamentos y otros de carácter ambiental.

La Ley 1333 constituye una normativa de gestión ambiental sin especificar ninguna actividad en concreto, con el objetivo de protección y conservación del medio ambiente

A partir de 1995 se aprueban reglamentos a la ley del medio ambiente por rubros, recién en el año 2002 se aprueba el reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero que trata las actividades de transformación de materias primas, insumos y materiales para la obtención de productos intermedios o finales. (Cámara Nacional de Industria Bolivia, 2009)

Del mismo modo se toca el enfoque del tratamiento de los efluentes (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005)

En el mismo camino de Tinoco Gómez, que influencio la investigación, muestra en su libro algunos casos de empresas que aplicaron programas de Producción Más Limpia, como ser la empresa cervecera Backus (2019), que se propuso el al uso eficiente de recursos plásticos de nuevos envases PET, y a una gestión eficiente de residuos sólidos, haciendo Backus el compromiso de elaborar un diagnóstico oficial de indicadores socio ambientales, mantener un porcentaje de PET reciclados, lograr más del 75% de envases de vidrio que sean retornables, aumentar la reutilización de residuos sólidos, capacitar a más de 5000 voluntarios en los usos correctos de residuos sólidos como también comunicar los avances de su gestión ambiental. (Gomez, 2019)

La Panificadora Bakery en Cajamarca en el 2017 reporta la aplicación de Producción más limpia donde encuentran que el consumo eléctrico era el insumo más crítico, por lo que diseñaron un plan de acción en función de los insumos agua, electricidad como también tomaron acciones en cuanto a los residuos sólidos.

El 2018, Cole aplico estrategias de producción más limpia en la empresa SULCOSA SAC que elabora sulfato de cobre y sus derivados, concluyendo que se demostró la relación directa entre producción más limpia y eco-eficiencia, así como la relación con las buenas prácticas operacionales en el proceso productivo, concluyeron también que estas estrategias influyen en la sustitución de insumos en el proceso productivo relacionando la producción más limpia con la reutilización, recuperación y reciclaje en la producción.

La empresa Aroquipa, constructores de edificaciones, minimizan la emisión de partículas en suspensión y ruidos usando elementos prefabricados. También minimizan los ruidos y emisiones atmosféricas por combustión y las vibraciones con el uso de herramientas adecuadas.

El 2013 Paredes aplico estrategias de Producción más limpia en el sector pesquero, en plantas productoras de harina y aceite de pescado, reportando una reducción significativa de la contaminación del medio ambiente marino a través de la recuperación de compuestos

presentes en los efluentes que ahora son introducidos al proceso principal, también reportaron incremento en la productividad.

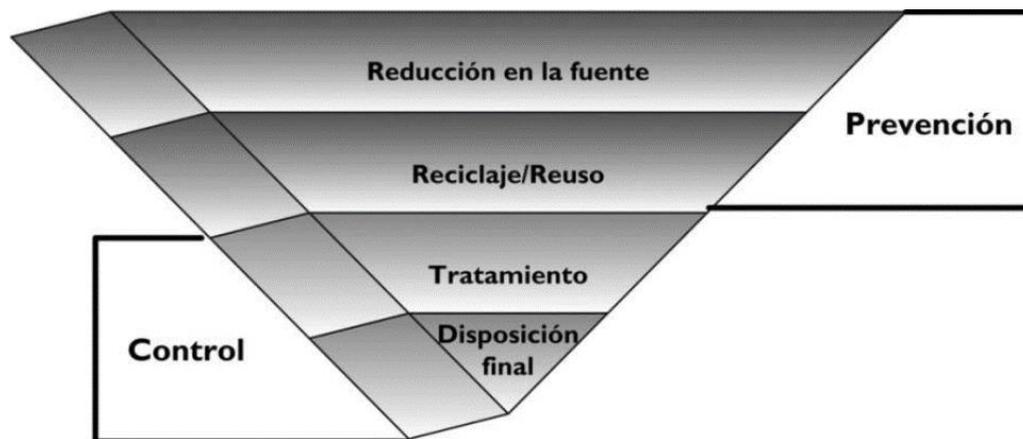
Estas menciones que hace Tinoco, son una muestra de que la aplicación de estrategias de Producción Más Limpia da resultados positivos en todo tipo de industria, si es un compromiso asumido por los sectores industriales.

Sin embargo, luego de hacer un análisis de los resultados de aplicación de procesos de producción más limpia se concluye que no solo es responsabilidad de las empresas implementar los programas, o de las legislaciones en cada uno de los países, el éxito radica en que estos programas deben ser respaldados por actividades y acciones de toda la población que lleven a un buen comportamiento respecto al ambiente, es también un tema cultural.

Los conceptos de Producción Más Limpia y Prevención de la Polución son similares, con muy pocas diferencias conceptuales, pues ambos tratan sobre el ciclo vital completo de productos y de procesos, tornándose indiferente el uso de cualquiera de los dos métodos.

El proceso de reducción de contaminación se realiza en 4 niveles de acción como observamos en el gráfico 6, dentro de los cuales se encuentra los niveles de reducción, reciclaje y reutilización junto a los controles (tratamientos y disposición final)

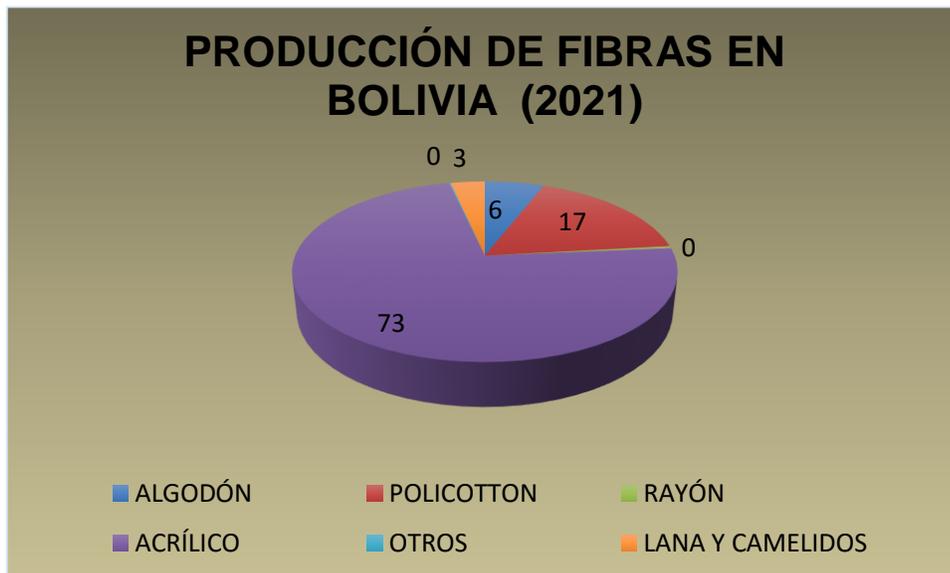
Gráfico 3. Esquema de niveles de contaminación



Fuente: ONUDI, 1999

Estos conceptos han sido aplicados a una diversidad de sectores industriales, siendo la industria textil en Bolivia, uno de los espacios que mayor empleo directo genera, llegando a estar en los primeros lugares de los sectores que más mano de obra emplea. Según estimaciones hechas por el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, hasta el año 2014 la industria textil generó aproximadamente 167.500 empleos directos, en el 2015 había 51938 microempresas, de las cuales entre pequeñas y medianas empresas sumaban 856, concentrada la industria textil en el eje central del país, 60% en La Paz, 17% en Cochabamba y el resto en Santa Cruz. (Correos del Sur, 2017)

Gráfico 4. Bolivia manufacturera y procesadora de fibra Acrílica



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IBCE Boletín 722 (2018)

En Bolivia la industria textilera está compuesta de la siguiente manera:

Grafico 4: Fue elaborado por el equipo de investigación, con información de la IBCE Boletín e información a través de una encuesta en el trabajo de campo, muestra datos importantes en cuanto a la producción del mercado Bolivia, esta se refiere a las fibras que se procesan en las tintorerías.

La producción de acrílico en Bolivia es la principal durante la gestión 2021, según su porcentaje de producción esta llega a un 73% (1.050 Tn) de fibra acrílica, que se procesan

en las áreas de tintorerías, generan un impacto ambiental considerable, por lo que se puede indicar que en el mercado boliviano la mayor oferta de fibra es acrílica.

Lo que de alguna manera justifica el presente estudio, por la importancia que implica la producción de fibra acrílica en el país. El programa de Producción Más Limpia en tintorería de fibra acrílica permitirá ver con precisión los desarrollos en procesos, observando mejor los casos de estudio.

BOLIVIA TEXTIL

Cuadro 4. Bolivia manufacturera y procesadora de fibra acrílica 2021

DISTRIBUCIÓN DE FIBRAS EN BOLIVIA (2021)													
	ALGODÓN		POLICOTTON			OTROS	RAYÓN VISCOSA		ACRÍLICO		ANA Y PEL		
	TON	%	TON	ALGODÓN	PES		TON	TON	%	TON	%	TON	%
				%	%								
SENATEX	10	100	20	50	50								
BENTEX	5	100											
ALBY	50	100	10	50	50		5	100					
JADUE	20	100	80	50	50								
MODATEX			30	30	30								
TEXTILES SANDRA			50	50	50								
COTTON			40	40	40								
TEYCOY			20	50	50				50	100			
ILLIMANI									50	100			
SENTEX									50	100			
TEXTILCRUZ									400	100			
HILBOCRIL									300	100			
HILLAMPU									100	100			
COPACABANA									100	100			
COPRPCA											32	100	
COPACABANA											10	100	
YACANA											5	100	
FOTRAMA											2	100	
OTRAS EMPRESAS						2							
TOTALES	85		250			2	5		1050		49	1441	
PORCENTAJE	5,90		17,35			0,14	0,35		72,87		3,40	100,00	

Fuente: Elaboración Propia Equipo de investigación con datos del IBCE Boletín 722 (2018)

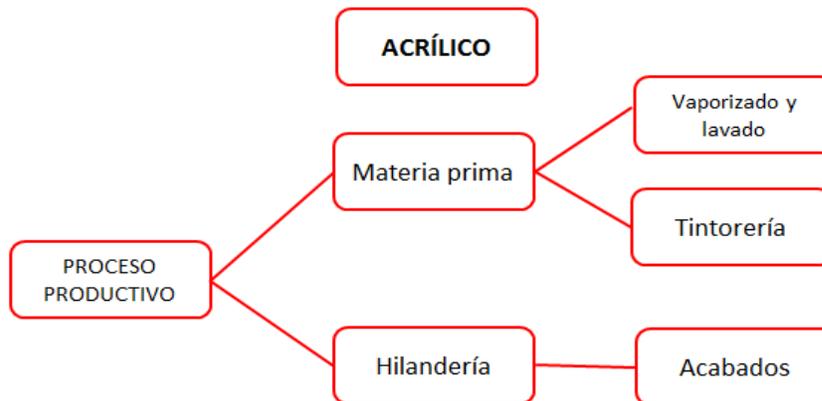
El Cuadro 4 muestra las principales empresas registradas en el IBCE, que producen fibras en el país, dando a resaltar los diferentes tipos de fibras que actualmente se está produciendo. Además, en esta tabla se puede apreciar la importancia de las empresas que fueron seleccionadas como parte de la presente investigación, esta se refiere a las fibras que se procesan en las tintorerías.

Estas cifras de producción en textiles, muestran un crecimiento sostenido desde el 2013 hasta el 2021 en la fibra acrílica, se puede concluir que el mercado boliviano es acrílico.

Que delimita esta situación, que los proyectos deben estar dirigidos a este sector con políticas, programas, proyectos de mejora continua en el manejo de la fibra acrílica.

Las empresas ABC TEXTIL e ILLAMPU TEXTIL, son procesadoras de acrílico desde el hilo pasando por el proceso de lavado, tintura y acabado.

Gráfico 5. Proceso productivo ABC TEXTIL.



Fuente: Elaboración Propia con información de la empresa ABC Textil (2021)

Para comprender la situación de la empresa en la actualidad, se observa en el Gráfico 5 el proceso productivo, la materia prima empleada, los procesos a los que son sometidas las fibras y el producto final obtenido, el diagrama observado, muestra este seguimiento.

Igualmente, el Gráfico 6 muestra el proceso productivo de la hilandería Illampu Textil

Gráfico 6. Proceso Productivo ILLAMPU TEXTIL



Fuente: Elaboración Propia con información de trabajo de campo (2021)

Con este análisis se establece la producción de hilos con color en madeja y cono para el mercado paceño dirigido a los tejedores industriales y artesanales. La producción del sector textil y confecciones representa el 1.3% del PIB de Bolivia, el que se concentra en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. (Bernabe, 2009)

El seguimiento realizado en el trabajo de campo, se identificó dos aspectos importantes, el intensivo uso de agua en los procesos de agotamiento de tintura de fibra acrílica y el uso de auxiliares químicos. Proceso seguido en sus diferentes etapas. Las dos empresas seguidas en su producción, mes de septiembre/2021.

El programa de Producción Más Limpia en tintorería de fibra acrílica, está ubicado en el momento preciso, en el lugar adecuado, lo que permitirá ver con presión los desarrollos en procesos, observando mejor los casos de estudio.

En el caso de la investigación los que se busca es aplicar estos criterios a ABC TEXTIL como también a ILLAMPU TEXTIL, dos empresas privadas que pasan por momentos difíciles en la producción la implementación de un programa de Producción Más Limpia

aportaría mejoras en el manejo de sus rendimientos como de la calidad en el manejo de efluentes en la etapa de tintura de la fibra acrílica.

Las empresas investigadas ABC Textil e ILLAMPU TEXTIL, requieren de la aplicación de todo el esquema, en un primer abordaje se observó el uso excesivo de agua, la relación de baño es muy elevada, el vertido de efluentes es directo sin tratamiento, el pH bajo (ácido)

La generación de contaminación y desechos, es elevado en los procesos de tintura, principalmente se genera efluentes líquidos, desechos peligrosos.

La investigación se centrará en los efluentes de tintura, que tiene relación directa con el proceso, tecnología usada, fibra utilizada como el acrílico y químicos usados.

2.2 ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Las estrategias a ser aplicadas en el logro de los objetivos propuestos, se agrupan en niveles. Es así que la Producción Más Limpia se enfoca en los siguientes niveles:

El nivel 1 es un análisis exhaustivo de procesos y métodos de producción en tintorería.

El nivel 2 impulsa como estrategia central el cambio de insumos eficientes de alto rendimiento, dirigido a la fibra acrílica y al proceso.

El nivel 3 toma en cuenta las técnicas de fin de proceso de tintura, la estrategia aplicada es el reúso del agua de efluente.

El nivel 4, se enfoca en lograr reciclaje de insumos sobrantes en el efluente final.

CAPÍTULO III. MARCO CONCEPTUAL TEORICO

3.1 AGUAS RESIDUALES TEXTILES

Es aquel tipo de agua que se encuentra contaminada, especialmente con colorante, detergentes, materia orgánica, y otras sustancias químicas, que emplea durante las distintas etapas del proceso. (VENTO, 2018)

3.2 EFLUENTES TEXTILES

La industria textil procesa diferentes fibras, la naturaleza diversa de las mismas, la gran variedad de proceso, productos y maquinaria que utiliza. Cada una de las actividades que se realizan genera agua residual de características muy variables. Sin embargo, esta diferencia es más cuantitativa que cualitativa.

Se clasifican las materias contaminantes de las aguas residuales textiles en tres grandes grupos: Materias en suspensión (fibras, Trapos, tierra), materias flotantes (grasa y aceites, tensoactivos), impurezas disueltas (DQO, DBO, conductividad, toxicidad, metales pesados, N, P, pH). (Crespi, 1987).

Las impurezas disueltas constituyen el grupo más importante de contaminantes presentes en las aguas residuales textiles, en las que se puede encontrar, ácidos, álcalis, reductores, oxidantes, colorantes y un sin número de productos auxiliares, todos ellos solubles. Los reductores y las materias orgánicas disueltas consumen el oxígeno del cauce provocando la muerte de los organismos acuáticos

3.3 EL ACRÍLICO

3.3.1 Generalidades.

El proceso por el cual se obtienen las fibras acrílicas se llama polimerización. El componente principal de las fibras acrílicas es el acrilonitrilo ($\text{CH}_2 = \text{CHNC}$), habiéndose producido las primeras fibras acrílicas a partir de un polímero conteniendo casi un 100% de acrilonitrilo.

El acrilonitrilo es un polímero sintético, componente mayoritario entre 85 y 95% de la fibra acrílica, se obtuvo en 1950 por Du Pont, comercialmente conocido como Orlón

Los estudios efectuados por Quynn, (1997) han permitido determinar para la fibra de poliacrilonitrilo una cristalinidad entre el 20-30%, y del 80% para la fibra no estirada y estirada. Una fibra de poliacrilonitrilo estirada, con un peso molecular comprendido entre 60.000 y 120.000 g/mol presenta varios inconvenientes, entre los que cabe destacar los siguientes:

- a) La solubilidad en disolventes industriales no es muy buena.
- b) Su punto de fusión es muy elevado (330°C), lo que hace que se estire en caliente con dificultad. La zona de transición de 2° tg a temperaturas de 105°C, lo que dificulta la absorción de colorantes a temperaturas inferiores a 100°C.
- c) El Límite de saturación de la fibra por los colorantes dispersos es muy reducido.

Estas de circunstancias permitió que se produzcan fibras acrílicas en las que el contenido en acrilonitrilo está comprendido entre 85-90 %, y el restante 10-15 ya está formado por uno, o más frecuentemente dos, comonomeros.

Desde el punto de vista en tintorería, al cambiar las propiedades termoplásticas de las fibras acrílicas, disminuyendo la temperatura de la zona de transición de segundo orden se produjo efectos importantes, detallados a continuación

- ✓ Disminución considerable del módulo inicial en estado húmedo a partir de temperaturas de 50-55°C, de tal manera que la fibra se deforma considerablemente, si se la somete a pequeños esfuerzos de tracción a temperaturas mayores a las indicadas.
- ✓ Absorción de los colorantes dispersos y catiónicos a temperaturas inferiores a los 100°C, permitiendo la tintura con los equipos convencionales. Una parte importante es la temperatura a la cual la fibra empieza a absorber colorante, dependiendo de los tipos de comonomeros usados.

Comonomeros: La fibra acrílica fue obtenida a partir de un polímero modificado, para modificar el polímero, se procedió a la preparación de copolímero de acrilonitrilo con un 5 a 10% de diversos monómeros.

Monómero: La unión cientos o miles de estas moléculas que son de masa molecular muy pequeña, unidas por medio de enlaces químicos, generalmente covalentes, forman las macromoléculas conocidos como polímeros

- ✓ El polímero se obtiene mediante un proceso, en el cual se emplea el sistema redox como catalizador, el mismo que funciona a base de persulfato potásico y bisulfito sódico. Matsubasa (1960) y Yamadera (1961) han demostrado la presencia de grupos sulfato y sulfonato al final de la cadena del polímero, utilizando espectroscopia diferencial en el infrarrojo determinando la cantidad de cada uno.

Es así que revisten de gran importancia el contenido total de grupos ácidos en la capacidad de absorción de las fibras acrílicas, por los colorantes catiónicos, como se había indicado, y su número y naturaleza ofrece una verdadera influencia en la velocidad en que se absorben de dichos colorantes, tal como se verá más adelante.

La forma como se efectúa el hilado del copolímero realiza una gran influencia en la microestructura de las fibras acrílicas al ser diferente el número y tamaño de las zonas huecas que se encuentran en la masa de la fibra.

Estas zonas espaciales son de gran importancia en la tintura, debido a que son el medio para acelerar la difusión del colorante y adicionalmente aumentan la capacidad de saturación de la fibra en muchos casos. En general, la proporción de zonas huecas, es menor en la hilatura en seco que en húmedo, y en este caso, la hilatura en baños acuosos aumenta demasiado el contenido de espacios, en relación al obtenido cuando se hila en baños no acuosos. Así mismo, la temperatura de tratamiento de la fibra en estado seco y en húmedo, durante el proceso de hilatura, también ejerce una notable influencia en la microestructura de las fibras acrílicas y por consiguiente en el proceso de tintura (Cegarra, 1970).

3.3.2 Composición Química.

La fibra acrílica contiene aditivos como sal orgánica de sodio y aceites para evitar estática, que se incorporan como agentes de acabado para mejorar el comportamiento de la fibra en la etapa de fabricación, durante el proceso textil y su uso. Estos productos poseen propiedades antiestáticas y lubricantes. (Gacén, 1991)

3.3.3 Propiedades Físicas

Las fibras acrílicas no se funden a una temperatura definida y se reblandecen a temperatura entre 200 y 260°C. Pueden plancharse sin riesgos hasta 150°C. Son fácilmente inflamables. Arden fundiendo y continúan ardiendo después de retirar la llama, al apagarla queda un residuo duro y negro en forma de bola. (G.A., 2013).

3.3.4 Propiedades Mecánicas.

La tenacidad de las fibras acrílicas es muy variable a causa de las diferencias de modificante (comonómeros), en la tención impartida y en otras variables del proceso de fabricación. La tenacidad de estas fibras suele oscilar entre 2,8 y 3,9. Sin embargo, la bibliografía cita valores de hasta 7,7 g/dtex (gramo decitex) para el filamento. (G.A.,2013)

Finalmente se puede señalar que las propiedades de tracción de las fibras acrílicas (tenacidad, esfuerzo de fluencias, módulo inicial, alargamiento a la rotura) se conservan bien en condiciones húmedas a temperatura ambiente. (Gacén, 1991).

En el cuadro 5, presentado en la siguiente página se observan los parámetros térmicos establecidos en fibras acrílicas de acuerdo a estudios realizados. (Gacén, 1991)

En los casos analizados, Textiles ABC e ILLAMPU TEXTIL son dos hilanderías que procesan y trabajan con fibra de acrílico, con las características que el cuadro muestra.

Cuadro 5. Parámetros Térmicos

Temperatura de Transición Vítrea	90°C
Temperatura de Lavado	40 - 50 °C
Resistencia al Calor Seco	125 – 135 °C
Temperatura de Planchado	160 – 200 °C
Temperatura Máxima de Fijado	200 °C
Temperatura de Decoloración	235 °C
Temperatura a la que la fibra empieza a ser Termoplástica	228 °C
Temperatura de Reblandecimiento	215 – 255 °C
Temperatura de descomposición	300 – 320 °C

Fuente: Gacén, Industrial Corps and Products

En el cuadro 5 se observan los parámetros térmicos establecidos en fibras acrílicas de acuerdo a estudios realizados (Gacén, 1991).

En los casos analizados, ABC Textil e ILLAMPU TEXTIL son dos hilanderías que procesan y trabajan con fibra de acrílico, con las características que el cuadro muestra.

3.3.5 Ventajas de la fibra acrílica.

El tejido acrílico es muy resistente a los vertidos producto del petróleo y químicos, así también a las picaduras de la polilla y la degradación producida por la luz solar. Tiene una textura parecida a la de la lana o del algodón y elimina la humedad de la piel rápidamente. Absorbe el tinte con facilidad durante la producción y retiene bien su color incluso en condiciones que lo harían desaparecer de otros materiales. Una característica que tiene esta fibra en su calidad de artificial, es la resistencia a las arrugas, manteniendo su forma y su facilidad de lavar. En comparación con las fibras naturales, requiere de muy pocos cuidados.

3.3.6 Propiedades de la fibra acrílica en acabado

- ✓ Fácil de lavar y buena estabilidad dimensional.
- ✓ Resistencia a los daños por polillas, moho, insectos y sustancias químicas.

- ✓ Se presenta muy buena estabilidad del color y capacidad de teñido en colores brillantes.
- ✓ Alta resistencia a la luz solar, fuerte y suave, posee un lado seco y caliente como la lana.
- ✓ Su densidad es de 1.15 g/cc, en comparación con 1,32 g/cc de lana.
- ✓ Es aproximadamente un 30% más voluminosos que la lana.
- ✓ Tiene un poder aislante de aproximadamente 20% mayor que la lana.
- ✓ Tiene una recuperación de humedad de 1,5-2% en % RH 65 y 70 grados °F.
- ✓ Tiene una tenacidad de 5 gpd (energía de deformación) en estado seco y gpd 4-8 en estado húmedo.
- ✓ El alargamiento a la rotura es del 15% (en ambos estados)
- ✓ La recuperación elástica que presenta es de 85% posteriormente de 4% de extensión cuando la carga se libera inmediatamente.
- ✓ Tiene una buena estabilidad térmica. Sin embargo si se expone a temperaturas superiores a 175°C por períodos prolongados se produce algún tipo de decoloración

3.3.7 Colorantes

3.3.7.1 Definición.

Los colorantes catiónicos (básicos), son sustancias que dan color, poseen cromóforos que forman parte de ion positivo, soluble en agua, contienen en sus moléculas grupos básicos, como el amino, mostrando por esto afinidad por la fibra acrílica que poseen grupos ácidos como el poliacrilonitrilo el que son tinturados directamente.

3.3.7.2 Tintura acrílica

Se entiende como tintura al proceso en el que un sustrato textil puesto en contacto con un coctel, solución o dispersión de un colorante, absorbe a éste de tal forma que el sustrato teñido tiene cierta resistencia por retornar al baño el colorante absorbido.

En todos los tipos de tintura, el principal objetivo es el de encontrar la tonalidad deseada de manera uniforme en el sustrato siempre con la premisa de reducir los costes lo mejor posible

siendo que el baño resultante debe tener el máximo de resistencia posible a los agentes de destrucción del color.

Con frecuencia los materiales textiles son expuestos a los diferentes agentes destructores del color, estos deben ser capaces de mantener el color por un determinado tiempo, que será evaluado con frecuencia en diferentes pruebas:

- ✓ Resistencia a la luz
- ✓ Resistencia al lavado
- ✓ Resistencia al frote
- ✓ Resistencia al sudor

Por tanto, para que la tintura sea efectiva, debe darse una fijación del colorante al sustrato textil, más o menos fuerte dependiendo de las características fisicoquímicas del colorante y de la fibra a teñir.

Los procesos de tintura se pueden realizar sobre cualquier forma de sustrato textil, es decir cualquiera que sea su forma de presentación, se puede teñir directamente sobre la fibra, a este proceso se le denomina tintura de floca, o también después de entrar en el proceso de transformación de la fibra en hilo en cono o en madeja), así mismo sobre tejido o tela, como también sobre prenda ya confeccionada.

Las fibras de acrílico, durante su proceso de fabricación pueden ser coloreadas a este proceso se le denomina tintura en masa (Ibarra, 2015)

3.3.7.3 Etapas de la tintura

1. Transporte en el baño: Es el proceso de difusión del colorante desde el baño hasta la fibra.
2. Absorción: Desde la capa límite hidrodinámica a la superficie de la fibra
3. Difusión: Durante esta etapa el colorante va de la superficie al interior de la fibra.
4. Unión entre el colorante catiónico y los grupos aniónicos de la fibra. (jCegarra., 1970. Páginas 1-8)

3.3.7.4 *Principios de la Tintura*

En la etapa inicial el colorante se distribuye en forma anular alrededor de la fibra, ello hace que en la superficie de esa fibra haya una elevada concentración de colorante y muy escasa o nula en su interior. Esa concentración exterior provoca el flujo del colorante hacia el centro del cuerpo (Dr. J., 1970)

3.3.7.5 *Estado de equilibrio de la tintura*

La fibra acrílica está compuesta por grupos ácidos fuertes o débiles o ambos al mismo tiempo, y los colorantes son de naturaleza catiónica, Un enlace de tipo polar produce la unión de colorante con la fibra.

Dependiendo del mecanismo de reacción como de las características de la estructura física en las fibras, puede suceder lo siguiente:

- ✓ La cantidad de colorante que puede admitir una fibra a saturación, está en función de los grupos ácidos existentes, los cuales deben estar disociados y accesibles para que la reacción entre colorante y fibra ocurra.
- ✓ Es necesario la disociación del colorante para que se produzca la unión.
- ✓ Las variables de proceso tintóreo que influya el grado de ionización de la fibra y del colorante desplazarán el equilibrio de un sentido favorable o desfavorable al grado de unión del colorante con la fibra.

3.3.7.6 *Absorción*

Las fibras acrílicas se quedan sumergidas en el agua, sabiendo que en medio acuoso se produce un potencial electro cinético que se conoce con el nombre de potencial Zeta, adquiriendo la fibra un valor negativo. La fibra pierde su potencial negativo cuando las concentraciones de colorante en el baño son bajas (20 g/l), posteriormente resulta ser ligeramente positiva a consecuencia de la acumulación de los cationes del colorante en la superficie de la fibra (GACEN, 1991)

3.3.7.7 Auxiliares de tintura

Humectante: Reducen la tensión superficial en la preparación facilitando la saponificación y ayudando a la penetrabilidad del colorante dentro de la fibra. El uso del humectante depende del teñido de la naturaleza y condición del material a teñir.

Emulsionantes: Ayudan a eliminar aceites y grasa, manteniéndolas lejos del sustrato.

Detergentes: Son mezcla de sustancias no iónicas y aniónicas que actúan sobre la tensión superficial de los baños de tratamiento con el fin de deshacer y eliminar la suciedad de los sustratos.

Dispersante: Mantiene el colorante y baños de tintura en fina dispersión e impedir precipitados molestos para la tintura.

Igualadores: Los igualadores son los auxiliares que permiten que el baño de tintura penetre en el sustrato, mejoran la uniformidad del agotamiento y evitan las des igualaciones del color.

Secuestrantes: Todas las fibras y durante la fabricación y procedencia de la fibra contiene más o menos cantidades de metales pesados y alcalinotérreos. Para una preparación sin problemas, estas sustancias deben eliminarse del sustrato con la ayuda de productos secuestrantes.

Antiespumantes: Todas las fibras textiles tienen la característica de retener aire, debido esto a la naturaleza de la misma o de su construcción, para contrarrestar esto se utilizan los antiespumantes que se encargan de facilitar la humectación como también los tratamientos en húmedo

3.3.7.8 Acabado

Los tejidos adquieren valor agregado cuando se les realiza algunos efectos especiales, a este proceso se le denomina acabado, se realiza en ellos operaciones químicas, físicas y mecánicas que proporcionan características especiales a los tejidos

Los procesos varían dependiendo de la procedencia de los materiales, a partir de la identificación se tendrá tratamientos especiales para algodón, lana y seda, para las fibras sintéticas y para los tejidos mixtos, cada uno tiene sus propias técnicas de procesos con las cuales se producen cambios y/o variaciones para ciertos efectos que cada fibra requiere.

- a) Acabados Físicos
- b) Acabados Químicos

Dentro de esta división existen los tratamientos

- ✓ Tratamiento mecánico
- ✓ Tratamiento húmedo
- ✓ Tratamiento con vapor
- ✓ Tratamiento térmico

Así también se realizan una serie de procesos a la prenda como el bordado, teñido, estampado y tratamientos exclusivos definidos por el cliente en la orden de producción.

3.3.7.9 Tintorería

En tintorería se trata el tema de la coloración, es la característica más sobresaliente en un tejido, hilo o tela, este proceso de modificar el color del tejido crudo mediante la tintorería aumenta notablemente el valor, tanto que este proceso ha sido en los últimos tiempos objeto de atención en los más óptimos procesos que se logran a través de los avances de la química y la revolución de procesos de tinte, sea en los colorantes o la metodología de su aplicación.

En los tipos de tinte el principal objetivo es el de reproducir un color de manera uniforme en el sustrato que se está procesando y que este no genere excesivos gastos económicos. La calidad de la tinte debe tener el máximo de resistencia a los agentes de destrucción del color.

El material textil es sometido con frecuencia a pruebas de diferentes agentes destructores del color, este debe ser capaz de resistir y conservar las características dadas durante la tintura el mayor tiempo posible.

Los resultados de las pruebas deben presentar principalmente muy buena solidez a la luz, al frote del lavado y al sudor.

En la tintura se requiere buena penetración de los colorantes en la fibra, es necesario que las partículas de los colorantes sean pequeñas, durante el proceso inicial estas deben estar bien disueltas o diluidas en el baño. La intensidad del color obtenido es directamente proporcional a la concentración del colorante usado, para un mismo volumen de baño,

El peso del colorante a ser calculado está dado en relación con el peso del sustrato a ser procesado. Por ejemplo, un teñido de 1% de colorante en tono de 30 kg de materia textil, demandaría 3 Kg de colorante. Así también, otro punto importante es la relación de baño.

La relación de baño está en dependencia del equipo que será utilizado, siendo que la utilización de agua varía desde 1:1 hasta 1:50. Una relación de baño por ejemplo de 1:1 significa que para 1 Kg de material se debería usar 1 litro de baño, o 1:50 significa que para un kilo de material se debe usar 50 litros de baño. Un ejemplo de más kilos, así si queremos teñir 200 Kg de fibra acrílica se tendría que utilizar 10000 litros de baño

3.3.7.10 *Métodos de tintura*

Los métodos utilizados para la tintura son:

- ✓ Por agotamiento: El material es colocado en la solución de colorante y permanece en la misma con movimientos de ida y vuelta, hasta que casi la totalidad del colorante empleado migre al interior de la fibra. Este sistema es utilizado por la mayoría de los equipos de tintura y en la mayor parte de las empresas medianas y pequeñas de la ciudad de El Alto.
- ✓ Por impregnación: (Foulard) La tela atraviesa la solución de colorantes y el exceso es exprimido por la acción de presión ejercida por los rodillos, que es a su vez el que origina la migración del colorante hacia el interior de la fibra.

Este método es más rápido que el primero, pero no es aplicable a todos los colorantes e intensidades, siendo más usado en colores claros o medios.

En general toda tintura con colorantes solubles debe ser seguida de un tratamiento de fijación, el colorante después del teñido reaccionara con una substancia química que fije el color para evitar que migre o sangre con los lavados.

Durante el proceso de teñido catiónico se adiciona al baño substancias que retarden la reacción de subida del colorante a la fibra de acrílico el cual evitará manchas de migración rápida.

3.3.7.11 *Modelos de análisis de procesos en ambas plantas*

Para el análisis de los resultados del proceso tintóreo de las empresas de estudio es imprescindible trazar la curva de procesos, que permite establecer los resultados que requieren las empresas, no deteriorar, sino por el contrario hacer más eficientes con la implementación del programa de PML.

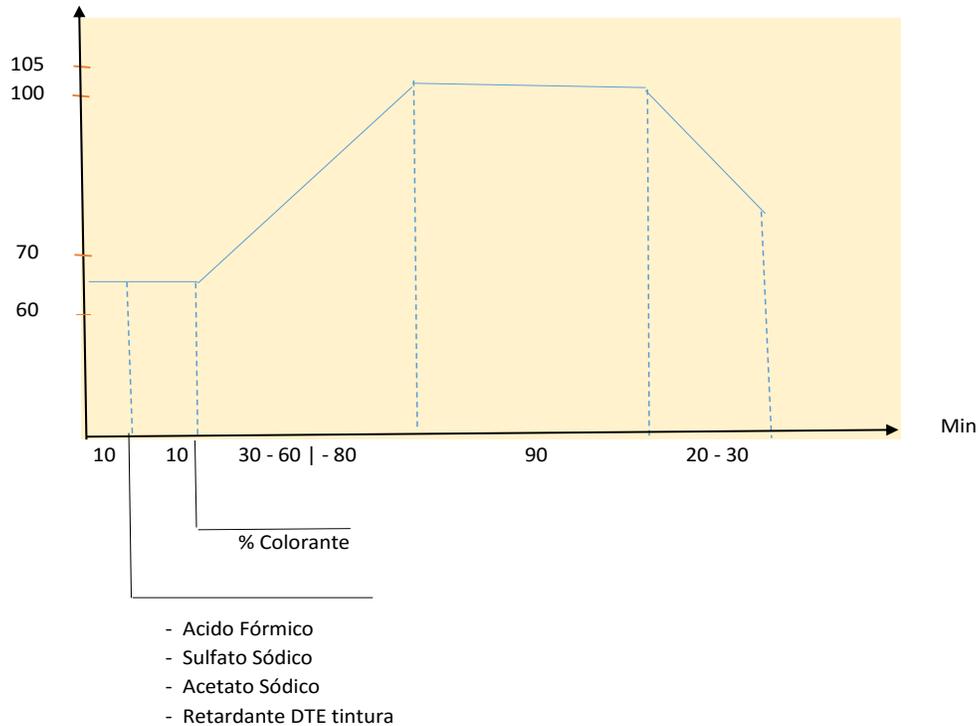
En este entendido se plantea la siguiente curva por agotamiento que es el proceso que se desarrolla en las empresas estudiadas las cuales sirven a la presente investigación como un parámetro de evaluación, a tiempo de implementar el programa

3.3.7.12 *Flujo de procesos tintóreo en la planta textil*

Con el objetivo de poder comprender a cabalidad los procesos realizados en cada una de las empresas objeto de la investigación, se plantea en los flujogramas que presentan los procesos que actualmente tienen lugar tanto en ABC TEXTIL, que se pueden apreciar a continuación.

3.3.7.13 *Curva de procesos de Tintura Acrílica ABC TEXTIL. Sistema discontinuo (Agotamiento)*

Gráfico 7. Método de tintura por agotamiento



Cuadro 6. Relación de auxiliares por tonalidad

	TONOS CLAROS	TONOS MEDIOS	TONOS OSCUROS
ACIDO FÓRMICO	4 - 4,5	4 - 4,5	4 - 4,5
SULFATO SÓDICO	50%	30%	10%
ACETATO SÓDICO		5%	10%
RETARDANTE	3,5 - 4%	3 - 4%	0,8 - 1,5%

Fuente Elaboración propia (2021)

A partir del trabajo de campo realizado se observa el manejo de insumos para la tintura que la empresa ABC Textil utiliza, se observa innecesario el uso de insumos químicos en aproximadamente 50% en varios tonos.

En el cuadro 6 se observa que la empresa usa en exceso los insumos, consultado la razón por qué se procede de esta forma, la respuesta es para asegurar el teñido. No se contempla

desde el punto de vista técnico y científico que el incremento de insumos no garantiza un resultado óptimo en la tintura.

El laboratorio de ALADI en Basilea Suiza, ya ha avanzado en términos de rendimientos de insumos y manejo del pH, el incremento de estos, solo incrementa los gastos de producción y puede generar problemas de solidez en el acabado final (solides al lavado, movimiento de color y mala solidez a la luz)

3.3.7.14 *Relación de baño*

En la relación de baño (RB) existen dos cantidades a tomar en cuenta, una es la cantidad de materia a teñir (M) y la cantidad de baño a utilizarse (V)

$$RB = \frac{V}{M} (l * kg^{-1})$$

El principio es la cantidad de baño utilizada y el peso del sustrato con el que se procederá, es justamente en este punto donde hay la manipulación más grave siendo que se supone por definición que el peso de la materia es peso seco. Es por lo tanto inapropiado hablar o utilizar para cálculos el peso húmedo ya que esto lleva a resultados erróneos.

3.3.7.15 *Relación de baño óptimo*

Hay varios factores que pueden influenciar en una tintura (aparte del sustrato y de la receta) que tiene enorme influencia en el resultado. Desde el punto de vista de la tecnología con lo que cuenta la empresa, hay conceptos como caudal específico de contacto que es importante.

A la cantidad de baño que se utiliza en la materia a teñir se le llama caudal específico. Este valor esta en dependencia de la potencia de la bomba. En la ciudad de El Alto de La Paz, Bolivia es muy complicado el trabajo de la bomba a 4100 s.n.m. las máquinas deben ser preparadas y montadas considerando estos aspectos importantes que encarecen la adquisición de tecnología de punta (Bbixet, 1992)

$$CE = \frac{Q}{M} (1 * kg * min^{-1})$$

Para comprender mejor, se explica que con un caudal específico de 40 lt/min y una relación de baño de 1:5 se obtiene 8 contactos por minuto, es decir que el baño esta ocho veces por minuto en contacto con el sustrato a teñir (Boixet, 1992)

La relación de baño de la empresa ABC Textil, es de 1:15

En Illampu Textil la relación de baño es de 1:20

Existe un análisis extenso a plantear en este aspecto, el uso de agua delimita la calidad del proceso y el acabado.

3.3.7.16 *Mapa de procesos*

Es una técnica gráfica que permite definir, describir, analizar y mejorar los procesos de una organización. O dicho de otra manera es que se puede comprender los procesos existentes de manera visual. La elaboración de esta técnica consiste en la agrupación de distintos tipos de procesos con el fin de dar una mejor interpretación a la interrelación que tiene entre sí. Los tipos de procesos son los siguientes:

- Procesos estratégicos: Son procesos que están vinculados a las responsabilidades de la dirección, es decir son procesos de planificación.
- Procesos Operativos: Son procesos clave para la fabricación del producto o la prestación del servicio.
- Procesos de apoyo: Son procesos que sirven de soporte a los operativos o claves.

En las empresas que son objeto de estudio de la presente investigación, se pueden realizar los siguientes mapas de procesos.

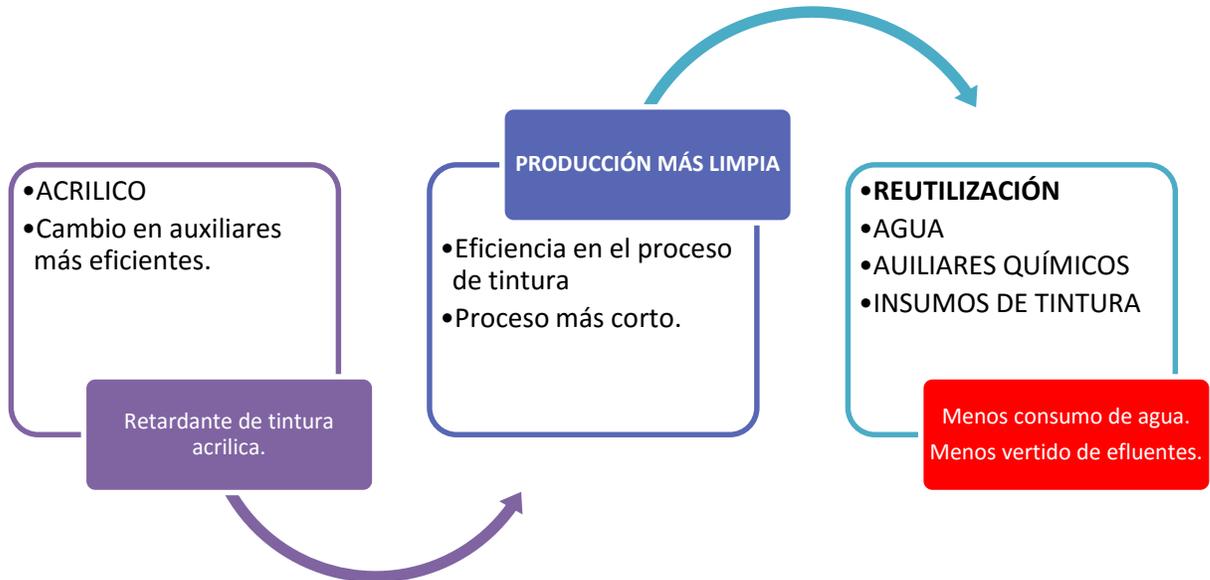
Gráfico 8. Mapa de Procesos ABC TEXTIL



Fuente: Elaboración propia (2021)

En este mapa se puede observar de forma clara el proceso que sigue la empresa TEXTILES ABC, llegando a establecer las diferentes áreas de la misma, principalmente el área de tintorería, que es objeto de interés de análisis.

Gráfico 9. Mapa de Procesos ILLAMPU TEXTIL



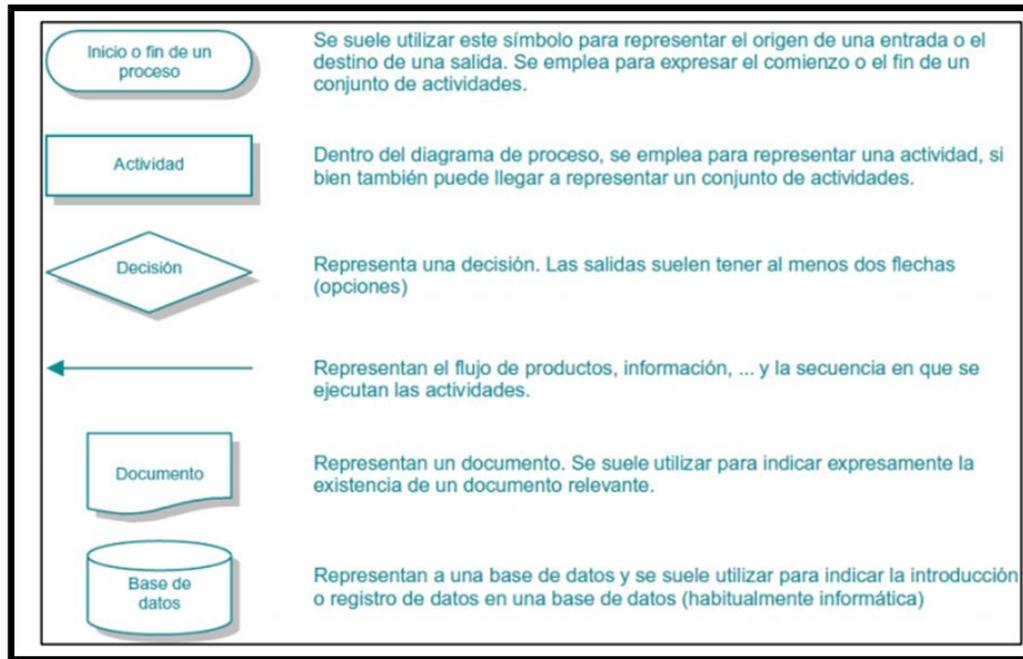
Fuente: Elaboración Propia (2021)

En el gráfico 9, se puede establecer los procesos requerido y sugeridos para Illampu textil, uno de los planteamientos importantes para la empresa es el reusó del baño de tintura, que termina con un pH adecuado para un proceso de tintura nuevo con regulación de insumos de proceso.

Esta simbología, que se muestra en la siguiente página es respaldada por la norma ISA – S5 que estandariza los procesos de producción.

Las representaciones gráficas, como se observa en el gráfico 12, son muy útiles para entender de mejor manera los procesos, sub procesos o actividades, estas son expresadas en formas geométricas, cuadrados, rombos, rectángulos, y otros, es simbología industrial basadas en normas estándares, y de uso general, cuyo objetivo es representar acciones gráficas de la realidad, sin embargo es necesario conocer el significado de cada símbolo para identificar el proceso y que sea útil al momento de brindar la información que se quiere.

Gráfico 10. Símbolos más habituales para presentación de diagramas



Fuente: MAYORGA (2008)

3.3.8 MEDICIÓN DE PROCESOS

3.3.8.1 Indicadores

Los indicadores son variables que se pueden medir y pueden ser cuantitativos o cualitativos. En toda organización se requiere utilizar indicadores para evaluar el funcionamiento de los procesos de esa manera se pueden identificar puntos débiles. En el momento de elegir los indicadores se deben tener en cuenta ciertos parámetros:

- Establecer los principales objetivos que deben estar traducidos en los indicadores a ser alcanzados en forma permanente.
- Definir las principales actividades a medir en los procesos y posteriormente centrar los indicadores de forma permanente.
- Hacer participar en la elección de los indicadores a todos los involucrados con las actividades, ya que ellos son los que mejor conocen el proceso.

- Poner en práctica los indicadores antes de considerarlos definitivos.

Para la presente investigación se ha establecido los siguientes indicadores:

- ✓ Medición de caudal de agua, medición de relación de baño real y óptimo, medición del tiempo de proceso, por cuanto el objetivo es verificar tiempos reales, caudal de agua real y relación de baño real, a partir de verificar estos datos el programa de Producción Más Limpia en tintura será eficiente.

3.3.8.2 Documentación y fichas técnicas.

La información que se consigue a través de la práctica, debe ser manejada como documentación y fichas técnicas de procedimientos, es decir deben estar alineados su misión y visión.

Igualmente, se debe incorporar los objetivos estratégicos del proceso con la definición de los subprocesos y actividades involucradas. Para que exista una mayor comprensión de los procesos, sub procesos y actividades se puede recurrir al uso de gráficas y diagramas de flujo con el fin de que el documento elaborado sirva como guía para todas las personas de la organización.

Algunos ejemplos del tipo de documentación:

- ✓ **Fichas de procesos:** Este documento debe contener la descripción de todos los procesos, detallando en qué momento se interrelacionan con los demás procesos, el método empleado para el seguimiento, control y medición de su eficacia y los objetivos de cada uno.
- ✓ **Procedimientos generales y específicos:** En este documento se describe la secuencia que deben seguir las actividades para asegurar el control y operación del proceso.
- ✓ **Registros de Calidad:** Proporciona certezas de las actividades realizadas en el sistema y asegura su rastreo.

Para las empresas objeto de estudio se ha determinado la utilización de las siguientes fichas: Procedimiento general y específico, en el documento de observará el seguimiento del proceso de tintura desde el cargado en máquina poniendo un control en tintura.

Por cuanto se busca los siguientes objetivos, verificar el tiempo y movimiento de los procesos y medir los efluentes en sus componentes finales después de la tintura. Esto nos permitirá diseñar un programa eficiente en cada etapa.

A partir de los resultados de las mediciones se puede establecer un programa general de Producción Más Limpia, generando un programa eficiente en las etapas establecidas para cada empresa, Textiles Illampu y ABC TEXTIL.

3.3.8.3 Medio Ambiente

En las empresas Textiles Illampu y ABC TEXTIL, se observa que no existe un programa que considere un control de efluentes o ahorro en relación de baño, las máquinas de teñido de ABC TEXTIL, son modernas, solo se requiere hacer un programa de eficiencia en los procesos y tratamiento de efluentes para el reúso de los baños.

3.3.8.4 Uso de tecnología

A nivel mundial, la tecnología ha avanzado a pasos gigantescos, los mercados colectivizan esos avances con lentitud, el desarrollo industrial ha ido creciendo, debido al uso de tecnologías avanzadas y el desarrollo de procesos complejos que utilizan recursos naturales, lo cual pone en peligro a los seres vivos (animales, plantas y al ser humano). Las actividades generadas por la industria textil, trae como consecuencia lo siguiente:

- ✓ Alta polución y concentración de material particulado (contaminantes de naturaleza compleja) nocivo para la salud, el mismo que se encuentra presente en el aire.
- ✓ La contaminación de ríos y lagos por el inadecuado e inexistente tratamiento de efluentes de residuos químicos y colorantes residuales.
- ✓ La producción de gases altamente tóxicos como resultado de la combustión de residuos orgánicos durante su tratamiento en procesos como residuos.

- ✓ La contaminación por ruido generado por máquinas y equipos presentes en las plantas de producción textil.

En el entorno nacional, el reglamento del RASIM, incorpora primero una clasificación de empresas de acuerdo a su actividad y cuan contaminante es, estos están clasificados en cuatro categorías, correspondiendo la categoría 1, al más alto riesgo, se prioriza el esfuerzo privado y público para el establecimiento y seguimiento de planes de manejo ambiental en las actividades industriales manufacturaras que representan un mayor riesgo de contaminación.

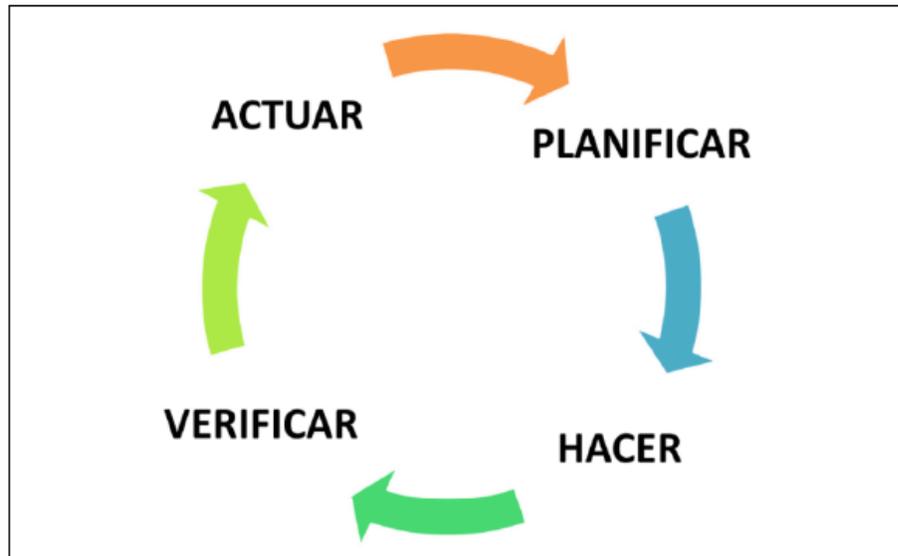
En la ciudad de La Paz, estas son las consideraciones, tomando en cuenta que las alcaldías son las que ejercen un control en los vertidos de los efluentes textiles, hay un desconocimiento de cuán dañino puede ser el vertido de efluentes de teñido y jabonado a temperaturas por encima de los 60 °C, solo uno de los elementos que no se verifica en la actualidad.

Las consecuencias mostradas no pasan desapercibidas para los lechos de agua y suelos, no hay conciencia del daño que se producen al enviar a los efluentes grandes cantidades de residuos químicos, electrolitos concentrados. Por ese motivo, la Producción Más Limpia se ha convertido en un aspecto relevante para las compañías especialmente para la industria textil. La Producción Más Limpia es un aspecto importante en el cual no sólo se considera el compromiso y responsabilidad con el medio ambiente, sino también abarca la creación de políticas ambientales, cuyo objetivo central es preservar el medio ambiente y su entorno para evitar que las personas y la sociedad sean afectadas, así como las futuras generaciones. Es así como la variable ambiental comienza a formar parte de la decisión empresarial, condicionada por los cambios del entorno, desarrollándose el concepto de Producción Más Limpia.

Este tiene por objetivo armonizar las actividades del ser humano con el medio ambiente por medio de un programa que ayude a proporcionar mejoras ambientales, como por ejemplo, minimizar la utilización de insumos o reducir la generación de residuos. En pocas palabras, lo que se quiere lograr es una mejor relación entre el hombre y el entorno que lo rodea.

Mejorar la producción sin necesidad de uso excesivo de productos químicos, planteando un ciclo de producción.

Gráfico 11. Ciclo Productivo



Fuente: Gestión por procesos (2006)

Del gráfico 13 se puede establecer que el ciclo productivo en las empresas motivo de investigación deben mantener un ritmo de producción que contemple este ciclo para más eficiencia en la producción, durante la tintura de fibra acrílica.

En la ciudad de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, el eje productivo textil, se puede inferir que hay desconocimiento del reglamento ambiental para el sector industrial manufacturero, situándose en La Paz ciudad de El Alto, donde están la mayoría de las empresas pequeñas y medianas textiles, existe resistencia a cumplir el reglamento.

3.4 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

La Producción Más Limpia (P + L) es la continua aplicación de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, productos y servicios, con el fin de mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente (**PNUMA/IMA, 1999**). La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo (ONUDI) implementó una metodología de Producción Más Limpia basada en la evaluación de los procesos e

identificación de las oportunidades para usar mejor los materiales, minimizar la generación de residuos y emisiones, utilizar racionalmente la energía y el agua, disminuir los costos de operación de las plantas industriales, y mejorar el control de procesos e incrementar la rentabilidad de las empresas, aplicando el concepto de las 3 R's (Reducción, Reutilización y Reciclaje) (ONUDI, 1999).

En los procesos productivos, La Producción Más Limpia conduce al ahorro de materias primas, agua y/o energía; a la eliminación de materias primas tóxicas.

En los productos, La Producción Más Limpia busca reducir los impactos negativos de los productos sobre el ambiente, la salud y la seguridad, durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas pasando por la transformación, hasta la disposición final. Para consolidar el concepto de producción más limpia definimos los siguientes conceptos

- ✓ **Procesos:** Permite generar ahorros de materias primas y recursos como el agua y la energía, en pocas palabras optimiza la utilización de los recursos.
- ✓ **Productos:** Permite reducir los impactos negativos al medio ambiente durante su ciclo de vida, es decir desde que es materia prima hasta que es desechado.
- ✓ **Servicios:** Permite incorporar actividades ambientales en el diseño y prestación de los mismos.

Con el objeto de generar una mayor comprensión de la Producción Más Limpia, sustentado por el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, se conceptualiza los siguientes procesos:

- **Prevención de la contaminación**

Es el uso de procesos, prácticas y/o productos que permiten reducir o eliminar la generación de contaminantes en sus fuentes de origen antes de ser tratadas o eliminadas, protegiendo los recursos naturales a través de la conservación o del incremento de la eficiencia. (Equipo técnico del CPTS, 2007)

- **Eficiencia Energética**

Es la habilidad de lograr objetivos productivos empleando la menor cantidad de energía posible. (Equipo Técnico CPTS, 2007)

- **Reciclaje**

Es convertir un residuo en insumo o en un nuevo producto. (Equipo técnico del CPTS, 2007)

- **Reúso**

Es utilizar un residuo en un proceso, en el estado en que se encuentre. (Equipo técnico del CPTS, 2007)

- **Recuperación**

Es aprovechar o extraer los componentes útiles de un residuo. (Equipo técnico del CPTS, 2007)

Estos conceptos mencionados forman parte de la Producción Más Limpia. Por este motivo, la Producción Más Limpia es la primera opción de las organizaciones a la hora de manejar los efluentes provenientes de la actividad industrial textil. (Capcha Querevalú, 2015)

- **Desechos**

Según el Acta de Gestión de Desechos, se definen como: objetos móviles los cuales el dueño quiere eliminar o ya ha eliminado, o que deben recogerse y tratarse como desechos por el interés del público.

Otra consideración importante es que la PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, como se explica en el Manual De Producción Más Limpia, de la ONUDI, tiene como propósito integrar los objetivos ambientales en el proceso de producción para reducir desechos y emisiones en lo que se refiere a la cantidad y toxicidad y así reducir los costos. Comparada con la eliminación por servicios externos o tecnologías al final-del-tubo, presenta varias ventajas, de las cuales se observa: (ONUDI, 2008)

- La Producción Más Limpia presenta un potencial de soluciones para mejorar la eficiencia económica de la empresa pues contribuye a reducir la cantidad de materiales y energía usados.
- Debido a una exploración intensiva del proceso de producción, la minimización de desechos y emisiones generalmente induce un proceso de innovación dentro de la compañía.
- Puede asumirse la responsabilidad por el proceso de producción como un todo; los riesgos en el campo de responsabilidad ambiental y de eliminación de desechos pueden minimizarse.
- La minimización de desechos y emisiones es un paso hacia un desarrollo económico más sostenido. (ONUDI)

Según el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se entiende por Producción Más Limpia:

- El ahorro de materias primas, agua y energía
- La eliminación, reducción y/o sustitución de materias peligrosas.
- La reducción de cantidad y peligrosidad de los residuos y las emisiones contaminantes.

La reducción de los impactos durante el ciclo de vida de un producto, desde la obtención de las materias primas hasta el residuo final. La incorporación de criterios medioambientales en el diseño y la distribución de los servicios. (Arias, entre Ciencia e Ingeniería, 2018)

Carlos E. Saquina T. en su texto Curso de Gestión Ambiental en la Empresa, explica que La Producción Más Limpia es una herramienta estratégica de política empresarial, que integra el medio ambiente en la gestión global de la empresa y que le permite mantener o mejorar la competitividad en un marco de sostenibilidad del medio. Su aplicación requiere

una gestión medioambiental responsable, un cambio de actitudes y la evaluación y aplicación de los conocimientos y opciones tecnológicas.

También menciona que la Producción Más Limpia es una opción de gestión medioambiental que ha demostrado ser la etapa previa a las alternativas correctas de tratamiento o disposición con las que no es incompatible.

Otras denominaciones como minimización, prevención de la contaminación en origen, eco eficiencia, son conceptos de estrategia de prevención ambiental integrada.

La incorporación de los conceptos nos aproxima al planteamiento que se desarrollará e implementará en las empresas objeto de investigación. Illampu Textil y ABC TEXTIL, donde la aplicación de un programa eficiente de Producción Más Limpia generará niveles de ahorro en economía y menor contaminación.

Basados en Producción Más Limpia (FUNDES), la cual está determinada por una continua aplicación de estrategias ambientales preventivas, integradas a los procesos, productos y servicios, con el fin de mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente (PNUMA; IMA, 1999). El objetivo de la PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente es disminuir las descargas a fuentes hídricas, al suelo y al aire, para reducir al mínimo el impacto de la producción y los efectos sobre la salud humana y el medio ambiente. Simultánea a tal disminución, se mejora la competitividad, vista como la capacidad de una empresa de mantener o incrementar su participación en el mercado (Ospina, Montoya, & García, 2007).

Los conceptos de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, conduce a plantear e incorporar las recomendaciones en el análisis e investigación en las tintorerías buscando un programa de Producción Más Limpia en la tintura de fibra acrílica.

Cuadro 7. Beneficios de la Producción Más Limpia

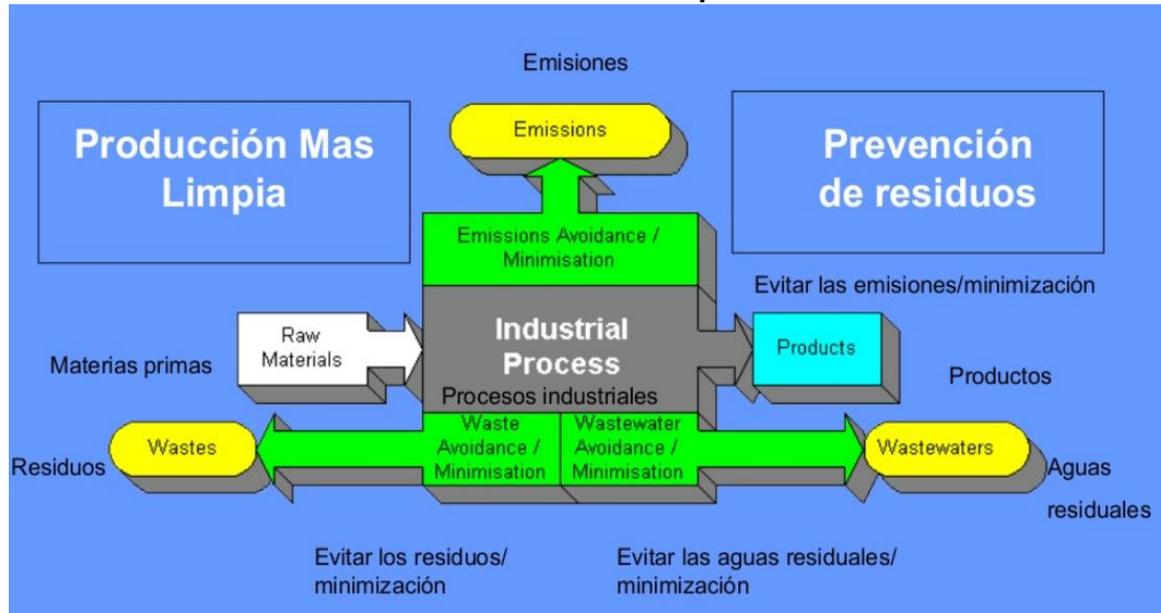
<p>Beneficios económicos</p> <ul style="list-style-type: none">• Por el uso más eficiente de materias primas, agua, energía y otros insumos en los procesos. <p>Beneficios ambientales</p> <ul style="list-style-type: none">• Po la eliminación de materias peligrosas, reducción de la carga de contaminantes en los efluentes de la planta, y la disminución de los requerimientos (infraestructura, gastos de inversión y operación) para el tratamiento final y disposición de los desechos. <p>Beneficios externos</p> <ul style="list-style-type: none">• Por ejemplo, por mejoramiento de la imagen pública de la empresa y el cumplimiento de las normas ambientales vigentes.
--

Fuente: Elaboración Propia a partir de Guía Técnica General de P+L. (CPTS, 2005)

El cuadro 7 muestra una estrategia a ser considerada en la investigación para la Producción Más Limpia en la industria textil, considera los procesos, que la investigación plantea por etapas, una de las etapas más importantes para el estudio es la tintura de fibra acrílica.

En los procesos de Producción Más Limpia se aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones, que las empresas como ABC TEXTIL no considere en el momento.

Gráfico 12. Proceso de producción



Fuente: David S Newvy

En el desarrollo y diseño del programa de Producción Más Limpia se aborda la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto: desde la extracción de la materia prima hasta el producto final.

En los servicios, la Producción Más Limpia se aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el programa.

El propósito principal de Producción Más Limpia es impulsar la competitividad brindando asistencia técnica para fomentar la inversión en la implementación de programas que reduzcan los desechos y reducir así también los gastos que se generan con las pérdidas y desperdicios de las producciones, reutilizando y aprovechando en todos los procesos los insumos utilizados así como los servicios.

Así mismo en el artículo publicado por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, menciona que el concepto de Producción Más Limpia nace en 1989 en la Oficina de Industria y Medio Ambiente del PNU especificando que “La Producción Más Limpia puede ser aplicada a los procesos usados en cualquier tipo de industria, a los mismos productos y a distintos servicios ofrecidos a la sociedad”

En el mismo artículo se recalca que si bien a lo largo de los últimos 10 años la Producción Más Limpia ha cobrado interés entre los expertos en ingeniería, las instituciones financieras aún desconocen las bondades de la misma, siendo un obstáculo para las empresas al momento de solicitar créditos para invertir en la prevención que es más económica que enfrentar gastos por procesos ineficientes. Aunque no todo es malo debido a las investigaciones realizadas sobre la sostenibilidad financiera al aplicar Producción Más Limpia, se han visto algunos proyectos financieros que apostaron al respecto. (NW Castillo, 2015).

Se menciona que tanto en Europa como en Estados Unidos se realiza un control en los desechos industriales, abriendo la posibilidad de reducirlos por medio de la aplicación de políticas que prevean el mayor impacto en las instalaciones industriales, realizando tratamiento de efluentes y residuos. Consecuentemente se podrían reducir los costos productivos, realizando la implementación de procesos más adecuados antes de producir mayores cantidades de desechos.

La agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos presentó un acta de “Prevención de la polución” o P2 al Congreso de Estados Unidos de 1990 que fue aprobada, y que básicamente trata de la eficacia de realizar procesos de prevención de la generación de residuos para evitar el gasto de ser tratados después. Así mismo en Europa el PNUMA especificó sobre la importancia de la prevención fundamentada en la inversión en Producción Más Limpia.

3.5 PRINCIPIOS Y CONCEPTOS PARA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

3.5.1 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

La demanda biológica de oxígeno es una medida indirecta del contenido de materia orgánica (M.O.) biodegradable, que es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica en una muestra de agua, a temperatura estándar de 20°C. Si la medición se realiza al quinto día, el valor se conoce como DBO₅, mientras que si ésta es tomada luego de que la muestra se ha estabilizado, el valor obtenido se conoce como DBO.

Sus unidades son miligramos de oxígeno disuelto por litro (mg Oz/L).

El análisis de la DBO₅ se basa en medir el consumo de oxígeno por una población bacteriana. El método de análisis normativo se basa en la realización de diferentes diluciones de la muestra de agua (método de dilución), para ello se debe preparar el agua de dilución en frascos de incubación que son inoculados y se requiere la preparación de blancos. También se pueden aplicar métodos instrumentales donde se hace un seguimiento del consumo de oxígeno, como son el método manométrico o el método respirométrico. (Vilaseca, 2015)

En la determinación de DBO se puede utilizar como patrón una solución constituida por 125 mg/L de glucosa y 125 mg/L de ácido glutámico que da lugar a una DBO de entre 220 y 240 mg O₂/L (Vilaseca M. , 2015)

Las pruebas propuestas se establecieron tomando en cuenta las recomendaciones del método BODTrack tm II. Método estándar HACH. Método de laboratorio HACH.

A ser realizado en laboratorio con muestras tomadas en planta textil de tintura acrílica.

Las determinaciones son patrones a ser usadas con las muestras de planta a ser tomadas de un proceso de seguimiento de tintura, que se deben prepara en soluciones y diluciones.

3.5.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno es una medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable, mediante el uso de un fuerte oxidante en una muestra de agua. Sus unidades son miligramos de oxígeno disuelto por litro (mg Oz/L). Su valor siempre será mayor o igual al obtenido en los ensayos de DBO.

La determinación se lleva a cabo por oxidación química con una solución en exceso de dicromato potásico a una temperatura de 150+/-2°C. El exceso de oxidante se mide por valoración redox. El reactivo de valoración es una sal de hierro, comúnmente conocida como sal de Mohr y se utiliza ferroína como indicador.

En esta determinación se debe tener en cuenta la posible interferencia de los iones de cloruro que pueden ser oxidados con dicromato y que darían un resultado de DQO erróneo

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

por exceso. Los cloruros se hacen reaccionar previamente a la determinación con una sal de sulfato de mercurio (M. Raheel, 1997).

Existen dos métodos para el ensayo de la DQO que son el método del balón (Norma UNE EN 77004) y el método del tubo (Standard Methods 21 ed.). El método del balón se debe aplicar si la muestra a analizar tiene alta presencia de materiales en suspensión (MES), en el método del tubo se requiere menor volumen de muestra de 30 ml a 10 ml, como también se requiere como 16.6 veces menos reactivos. En este segundo método se pipetea un volumen muy pequeño y por tanto no se tomaría una muestra homogénea.

En ambos casos se puede utilizar un patrón de DQO constituido por una solución de 425 mg/L de Ftalato (ácido de potasio) que da lugar a una DQO exacta de 500 mg O₂/L.

Este patrón de análisis propuesto se utilizará con las muestras tomadas de planta textil ABC Textil. Método 8000. Método de digestión de reactor. Método

3.5.3 Materias en suspensión (MES)

Son todas las sustancias suspendidas en el agua y que no decantan de forma natural (mg/L). Por medio de la norma UNE EN 872 se realiza la determinación de materias en suspensión, esta norma describe un método de análisis de sólidos en suspensión que se realiza filtrando un volumen de muestra de agua conocido, utilizando un aparato de vacío, a través de un filtro de fibra de vidrio. Posteriormente se seca el filtro a 105°C ± 2°C y se determina la masa del residuo retenido en el filtro mediante el peso.

Es un patrón a ser usado con las muestras tomadas de ABC Textil, en un seguimiento de proceso de tintura de fibra acrílica.

Por las características de los efluentes de ABC Textil, se sugiere un patrón de análisis de las muestras tomadas para la determinación de sólidos, por el método normalizados para análisis de aguas potables y residuales APHA – AWWA-WPCF 2540D. Sólidos totales, vigésima tercera versión.

3.5.4 Detergentes

Son compuestos adicionados al agua por el uso de detergentes. Estos forman las espumas apreciables en los cursos de agua y que pueden generar problemas operativos en los sistemas de depuración. (Dr. Víctor López Grimau, 2015) (Yadira, 2015)

Se distinguen dos procedimientos diferentes en función de si se trata de tensoactivos aniónicos o no iónicos.

Por medio de la norma UNE EN 903 se determinan los tensoactivos aniónicos. Se forma una sal coloreada por reacción con azul de metileno. Seguidamente se extrae la sal con cloroformo. Se separa la fase orgánica y finalmente se mide la absorbancia de la muestra con un espectrofotómetro.

Según la norma UNE EN 55725 se determinan los tensoactivos no iónicos, extrayendo por medio de una corriente de aire y es recogido en acetato de etilo. Seguidamente se hace precipitar con el reactivo de Dragendorff que posteriormente se elimina para medir la absorbancia de la muestra por espectrofotometría (Vilaseca M. , 2015)

La identificación de detergentes usados por la empresa ABC Textil, fue muy observado por lo que se recomienda hacer este tipo de análisis por el uso de detergentes en base a Nonil Fenol Etoxilatados. El análisis recomendado utilizando el método 8028. Método Violeta Cristal por espectrofotometría. Método de laboratorio HACH, 01/2014

CAPÍTULO IV. MARGO LEGAL

4.1 ÁMBITO HISTÓRICO DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

En general es necesario establecer cómo ha evolucionado esta temática de PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, hasta el momento en el que se aborda para hacer la investigación incorporando el sector textil.

Desde este punto de vista se dice que toda actividad industrial genera residuos (sólidos, líquidos, gaseosos y una combinación de los dos) que deben ser tratados y dispuestos de manera que su impacto negativo a la salud humana y al medio ambiente sea el menor posible, en el pasado también se buscaba soluciones a los problemas de contaminación causados por la actividad del ser humano, a partir de la revolución industrial, el problema se mostró complejo, este fue abordado con más seriedad y de distintas ópticas.

A partir de esta primera etapa se generó diversos problemas ambientales, este fue seguido de cerca por la sociedad y las autoridades.

La revolución industrial produjo una serie de cambios tecnológicos, los que sin lugar a dudas implicó problemas de contaminación.

Una segunda etapa de la revolución industrial se caracterizó por la generación de residuos.

La tercera etapa en consecuencia trajo importantes problemas ambientales

En las primeras dos etapas de la revolución industrial no se daba importancia al tema de la contaminación ambiental, los residuos eran eliminados en basurales sin tomar en cuenta ninguna reacción adversa para el ser humano, el suelo, los líquidos bebibles, etc. A partir de la tercera etapa es cuando se pone interés por estos colaterales, en algunos países se comienza a pensar en normativa ambiental específica, en la mitad de la década de los 60's, aparecieron legislaciones donde se proponía tomar en cuenta al Medio Ambiente y los impactos que estaban causando, en esta etapa, algunos países tenían legislación que decía "A mayor contaminación mayor pago" o aplicaban el principio de "quien contamina paga" estos principios llevaron a un razonamiento de que si pago puedo contaminar, fue un abuso de

los principios que ya no estaban ayudando a resolver el problema generado en mayor medida con el pago de multas.

La realidad era otra, y aparentemente no conducía a una solución de control de contaminación del medio ambiente, se devino el momento más difícil en términos de contaminación para el planeta en la década de los 70s, los científicos mostraron a la sociedad el descubrimiento alarmante de la destrucción de la capa de ozono, el cambio climático (incremento del efecto invernadero) la acidificación, la eutrofización y otros problemas que impactaron al mundo, algunos países se pronunciaron en foros y plataformas pidiendo soluciones a estos problemas de medio ambiente, plantearon nuevas obligaciones y sanciones a las prácticas de producción de la industria, a los hábitos consumistas del ser humano, a partir de esta alerta se dio un gran impulso a la normativa, surge ahora un problema importante, se cree que “la solución a la contaminación era el tratamiento al final del proceso.

En esta etapa se cree que se debe hacer una reformulación de la producción más eficiente, desde el principio, los 90s fueron el inicio de la formulación de normas que intentaban adelantarse a los problemas, actuando de manera preventiva, el cambio de enfoque llegó, y fue en el manejo de los temas ambientales, sobre todo para la industria, vale recalcar que el concepto de producción sostenible no es contrario a obtener ganancias como tampoco el cuidado del medio ambiente con hacer buenos: “Producir eficientemente implica ahorros y retornos económicos a las inversiones como resultado de un mejor uso de los recursos (naturales, humanos, financieros)

La Producción Más Limpia, ingresa en la cronología de la evolución del cuidado del medio ambiente y ha tenido un avance desde la revolución industrial hasta nuestro tiempo, el medio ambiente es tomado en cuenta en el avance positivo del manejo de los efluentes.

En Bolivia, la preocupación por el medio ambiente es cada día más importante después de episodios de falta de agua de quema de bosques y una serie de acontecimientos que convocan a tomar medidas y poner en práctica lo que la ley de medio ambiente estipula.

Un hito importante fue la cumbre de Río, llamado también la Cumbre de la Tierra 1992, en la que surgió una serie de compromisos entorno al medio ambiente y protección de ella,

junto a una producción sustentable. Algunas de las resoluciones debían cumplir e implementar los países para garantizar el bienestar de la población.

La resolución implicaba en nuestro país implementar a través de Estrategia Boliviana de la Resolución de la Pobreza, este promueve políticas de mayor crecimiento económico. En el proceso se observa la ley de medio Ambiente, conocido hoy como el Ministerio de Desarrollo Sostenible y planificación, este es un ente aglutinador y armonizador entre el desarrollo sostenible.

De esta manera se avanza en la creación de instituciones importantes que verán los temas de medio ambiente, en el año 1995 se aprueba los Reglamentos Generales de la Ley de Medio Ambiente, los que fueron aplicados a la actividad económica, sin distinción de particularidades de cada unidad productiva y lugar donde está ubicada la actividad del sector industrial y manufacturero.

La Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable de Johannesburgo estableció como uno de los objetivos del plan de acción la necesidad de modificar las proactivas no sustentables de producción y consumo, incrementando entre otras cosas, las inversiones en programas de Producción Más Limpia y eco eficiencia, mediante la creación de centros de Producción Más Limpia.

La iniciativa presentada en la Cumbre por los países Latinoamericanos en el tema de Desarrollo sustentable (2002) es la existencia de la necesidad de incorporar en todas las industrias los conceptos de Producción Más Limpia en las industrias,, consecuentemente la necesidad de creación de centros nacionales que trabajen para lograr los objetivos de un consumo sustentable, centros especializados en implementación de prácticas de producción más limpia que conduzcan a un consumo sustentable, y conlleven a definir políticas nacionales sobre este tema.

En países en vías de desarrollo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) es un recurso importante para la política ambiental, debido a la no existencia de regulaciones que traten el tema de la contaminación, o de haberlas estas son débiles y con falencias. Una alternativa planteada sería la prevención, que es una mejora en el manejo de la contaminación y por cierto inclusive más rentable, logrando una

reducción de la contaminación de la industria. El PNUMA llamó a esto “Producción Más Limpia”, CP (Cleaner Production) o P+L y difundió su aplicación y conceptos que sean generales en toda la industria. Los Estados Unidos a diferencia de los otros países de la región utiliza el termino Prevención de la Polución.

Surge posteriormente y ante la necesidad de abordar sectorialmente la gestión ambiental, se aprueban los reglamentos de cada sector de la ley del Medio Ambiente.

4.2 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO

La CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO (CPE) establece: las personas tienen derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado, el ejercicio de este derecho debe permitir a los individuos y colectividades de las presentes y futuras generaciones, la sostenibilidad de la producción industrial.

En referencia al control del medio ambiente en Bolivia, la industria manufacturera está sujeta a la ley 1333, esta ley fue reglamentada a través del RASIM:

Los objetivos del reglamento son: Reducir la generación de contaminantes, optimizar el uso de recursos y de energía para proteger y conservar el medio ambiente, con la finalidad de promover el desarrollo sostenible.

Una característica del RASIM es el cambio de enfoque que ofrece, como ser que en vez de realizar un control al finalizar la producción, más bien ahora se promueve la prevención y la eficiencia en el uso de los recursos para generar menos desechos; antes se aplicaban sanciones a las malas prácticas, sin embargo ahora se ofrecen incentivos y se establecen acuerdos para que las industrias tengan interés en practicar la Producción Más Limpia. Los trámites son más simples, se optimizan esfuerzos, existen planes de implementación.

4.3 EL RASIM

Regula las actividades de la industria para proteger y conservar el medio ambiente. La industria textil, debe contar con una licencia de funcionamiento al momento de iniciar sus actividades, esta licencia es requerida por los municipios de acuerdo a varias exigencias entre los que se debe tener el Registro ambiental industrial.

Este registro es un instrumento de regulación de alcance particular con carácter de declaración que debe ser presentado por las actividades industriales, artículo 1 del RASIM.

Este requisito es obligatorio para obtener la licencia de funcionamiento para la industria manufacturera, existe también un requisito a cumplir que es el Registro ambiental.

El estudio de aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos se registran en la ficha ambiental o registro ambiental con el propósito de sustentar propuestas de medidas de prevención, mitigación y reducción de impactos ambientales a través de una PMA.

Los artículos 1 y 2 del RASIM, contemplan estos aspectos importantes que tendrá como objetivo reducir y controlar la contaminación. Se ha establecido una clasificación para las industrias según el riesgo de contaminación, Categorías 1 y 2 de más alto riesgo, Categoría 3 de riesgo moderado y Categoría 4 de bajo riesgo de contaminación.

El Capítulo II ámbito de aplicación, alcance, siglas y definiciones

Artículo 4 (Ámbito de aplicación) Son las actividades económicas que involucran procesos de transformación de materias primas, insumos y materiales para la obtención de productos intermedios o finales, con excepción de actividades del sector primario de la economía.

Para analizar esta parte de la ley existe competencias de las autoridades como el prefecto, Artículo 10º y sus varios incisos, explican que la competencia del prefecto es verificar el cumplimiento de los procedimientos técnicos y administrativos de los gobiernos municipales.

4.4 GOBIERNOS MUNICIPALES

El Artículo 11º que es el encargado de la regulación a nivel de las ciudades, en el marco del reglamento y la ley 2028 de Municipalidades, el alcalde tiene las siguientes competencias, atribuciones y funciones. El inciso K del artículo, establece las funciones de seguimiento e inspección de las actividades industriales dentro de la jurisdicción municipal conforme al reglamento, los que deben cumplir con varios requerimientos:

- ✓ Registro ambiental Industrial
- ✓ Ficha ambiental

***PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ***

- ✓ Licencia ambiental
- ✓ Licencia de funcionamiento

- Licencia de funcionamiento y certificado de impacto ambiental es un documento que emite la autoridad ambiental a través de las alcaldías, a una empresa textil, autorizando la actividad de transformación, cuando se cumple con los requisitos solicitados.

- Ficha ambiental, este es el que describe un entorno en los aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos para sustentar una propuesta de medidas de prevención, mitigación y reducción de impactos ambientales.

Cuadro 8. Estadística ambiental del municipio de La Paz

MUNICIPIO DE LA PAZ: UNIDADES INDUSTRIALES CON LICENCIA AMBIENTAL OTORGADA, 2003 - 2010 (p) (En unidades Industriales)								
CATEGORIZACIÓN	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010 (p)
Total licencias otorgadas	55	121	30	31	109	117	89	84
Categorías 1 y 2	2	0	1	1	0	0	0	0
Categoría 3	20	19	2	9	10	10	8	9
Categoría 4	33	102	27	21	99	107	81	75

Fuente: Compendio de estadística ambiental del Municipio de La Paz (Fernández, 2010)

Nota 1: Las Categorías de las industrias se definen en base a lo establecido en el Anexo 1 del Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero - RASIM, donde se tiene las siguientes categorías:

I. Las industrias en proyecto de:

a) Categorías 1 y 2, requieren de un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental, la aprobación de los mismos representa su Licencia Ambiental;

b) Categoría 3, requieren de una Descripción del Proyecto y Plan de Manejo Ambiental, la aprobación del mismo representa su Licencia Ambiental;

c) Categoría 4, no requieren cumplir con otras disposiciones, por lo que la categorización de su Registro Ambiental Industrial es la Licencia Ambiental;

II. Las industrias en operación de:

a) Categorías 1, 2 y 3, requieren de un Manifiesto Ambiental Industrial y un Plan de Manejo Ambiental, la aprobación de los mismos representa su Licencia Ambiental;

b) Categoría 4, no requieren cumplir con otras disposiciones por lo que la categorización de su Registro Ambiental Industrial es la Licencia Ambiental.

Nota 2: Las Industrias de Categoría 3, se establecen según lo especificado en el Anexo 1 del RASIM, respecto al tipo de producción, la capacidad instalada de las maquinarias y los insumos y materia prima que se requiere para el desarrollo de la actividad. Las industrias de Categoría 3 requieren de la Aprobación de su Manifiesto Ambiental Industrial - Plan de Manejo Ambiental cuando se encuentran en etapa de operación y de la aprobación de su Descripción del Proyecto y Plan de Manejo Ambiental cuando se encuentran en etapa de diseño o proyecto, para obtener su Licencia Ambiental.

RASIM: Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero. (p): Preliminar

Fuente: Oficialía Mayor de Planificación para el Desarrollo-Dirección de Calidad Ambiental

Elaboración: Oficialía Mayor de Planificación para el Desarrollo-Dirección de Investigación e Información Municipal-Dirección de Calidad Ambiental-

4.4.1 Reglamento Ambiental Para El Sector Industrial Manufacturero

Sujeto a la Ley 1333 del Medio Ambiente en Bolivia, el 30 de Julio de 2002, se aprueba con Decreto Supremo No. 26736 el Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM) con el objeto de atender las necesidades del subsector industrial y manufacturero en Bolivia. Se debe entender que este sector involucra operaciones y procesos de transformación de materias primas, insumos y materiales para obtener productos intermedios o finales.

***PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ***

El concepto de Producción Más Limpia cobra ahora importancia en la responsabilidad industrial.

Entre los objetivos de este Reglamento se resaltan primero Reducir la generación de contaminantes y el uso de sustancias peligrosas y segundo Optimizar el uso de recursos naturales para promover el desarrollo sostenible y proteger el medio ambiente, generando menos residuos contaminantes, usar mejor la energía y reducir el uso de sustancia peligrosas.

Una característica del RASIM es el cambio de enfoque que ofrece, como ser que en vez de realizar un control al finalizar la producción, más bien ahora se promueve la prevención y la eficiencia en el uso de los recursos para generar menos desechos; antes se aplicaban sanciones a las malas prácticas, sin embargo ahora se ofrecen incentivos y se establecen acuerdos para que las industrias tengan interés en practicar la Producción Más Limpia. Los trámites son más simples, se optimizan esfuerzos, existen planes de implementación.

Se ha establecido una clasificación para las industrias según el riesgo de contaminación, Categorías 1 y 2 de más alto riesgo, Categoría 3 de riesgo moderado y Categoría 4 de bajo riesgo de contaminación.

El Viceministerio de Industria Comercio y Exportaciones se constituye en el Organismo Sectorial Competente (OSC) para este sector que entre otras cosas introduce incentivos para que las industrias apliquen prácticas de Producción Más Limpia , mediante uso de Guías Técnicas Ambientales, obtenidas a través de la norma NB-ISO 14001, convirtiéndose en documentos de referencia para acceder a incentivos, establecer acuerdos entre industria y autoridad, establecer plazos y límites permisibles, así como establecer nuevos instrumentos con el fin de resolver conflictos como se especifica en el artículo 114 del presente Reglamento.

Considerando específicamente el tema de Contaminación Hídrica, contemplado en el Capítulo III del RASIM, los artículos 71 al 78 cobran importancia en este tema.

4.4.2 La Ley del Medio Ambiente, Ley 1333

La Ley del Medio Ambiente tiene por objetivo proteger y conservar el Medio Ambiente y los recursos naturales, esto implica supervisar y regular las acciones del hombre con relación a la naturaleza como también promover el desarrollo sostenible para mejorar la calidad de la vida de la población.

Esta Ley define el marco general de protección ambiental que rige en el país, fija los objetivos de la política ambiental, da el marco institucional y las competencias de las autoridades ambientales, e incorpora la planificación ambiental en la planificación del desarrollo nacional.

En este sentido el Artículo 85 de la Ley de Medio Ambiente establece lo siguiente:

“Corresponde al Estado y a las instituciones técnicas especializadas:

- Promover y fomentar la investigación y el desarrollo científico y tecnología en materia ambiental,
- Apoyar es rescate, uso y mejoramiento de las tecnologías tradicionales adecuadas.
- Controlar la introducción o generación de tecnologías que atenten contra el medio ambiente.
- Fomentar la formación de recursos humanos y la actividad científica en la niñez y la juventud.
- Administrar y controlar la transferencia de tecnología de beneficio para el país.

En la misma dirección el Artículo 113 de la Ley del Medio Ambiente dice. El que transfiera e introduzca tecnología contaminante no aceptada en el país de origen. Será sancionado. Las empresas del sector textil, hasta la actualidad continúan usando colorantes para el proceso de tintura, que están descontinuadas por llevar en su composición elementos tóxicos.

Uno de los aspectos más importantes en las dos empresas, ABC Textil e Illampu Textil, es que en el futuro inmediato estarán obligados a adecuarse a la legislación ambiental vigente, por lo que es preferible el cambio a tiempo, antes de la obligatoriedad y sanción. Por otro lado los recursos son limitados y es necesario la eficiencia en el uso, incluido el reusó de efluentes después de un tratamiento económico y sencillo, el criterio es las empresas no tienen el derecho de derrochar los recursos.

4.4.3 Reglamentación General a la Ley del Medio Ambiente.

Dicha reglamentación aprobada mediante DS N° 24176, el 8 de diciembre de 1995 y puesta en vigencia en abril de 1996.

- Reglamento General de Gestión Ambiental (RGGA): Regula la gestión ambiental, entendida como el conjunto de actividades y decisiones concomitantes orientadas al desarrollo sostenible.
- Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA): Establece el marco técnico jurídico regulador de la Ley del Medio Ambiente en lo referente a la ficha ambiental. Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental y las autoridades competentes en la materia.
- Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA): Establece el marco técnico jurídico regulador a la Ley del Medio Ambiente en lo referente a la calidad y la prevención de la contaminación atmosférica, así mismo establece los límites admisibles de las sustancias generalmente presentes en los diferentes procesos de emisión, diferenciando por fuentes de contaminación atmosférica: fijas (por ejemplo: industrias) y móviles. También se incluye el tratamiento sobre la calidad de los combustibles, ruidos y olores contaminantes, así como los contaminantes atmosféricos en interiores.
- Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH): Regula la prevención de la contaminación y control de la cantidad de los recursos hídricos. Define el sistema de control de la contaminación hídrica, los límites permisibles de los elementos potencialmente contaminantes y las condiciones físico químicas que debe cumplir un efluente líquido para su vertimiento.

- Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas (RASP): Reglamenta las actividades con sustancias que define como peligrosas, estableciendo procedimientos de manejo, control y reducción de riesgos.
- Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (RGRS) Establece el régimen jurídico para la ordenación y vigilancia de la estación de los residuos sólidos, en relación a la generación, manejo, tratamiento, selección, recolección, transporte, almacenamiento y disposición final. Define la normatividad que debe seguir la gestión de residuos sólidos, para evitar la contaminación de suelos y cuerpos de agua, el mismo se refiere principalmente a los residuos sólidos, domiciliarios, comerciales, de servicios e institucionales, procedentes de la limpieza de áreas públicas y otras asimilables a domiciliarios.

Con el objetivo de promover la Producción Más Limpia, El OSC aprueba las Guías Técnicas Ambientales como también las certificaciones de sistemas Gestión Ambiental, obtenidos a través de la norma NB-ISO 14001, se constituye en documento de referencia técnica para:

- Acceder a incentivos
- Establecer acuerdos entre la industria y la autoridad para optimizar la gestión ambiental-
- El establecimiento de plazos y límites permisibles.
- Ser incorporados dentro del Plan de Manejo Ambiental (PMA), cuando se implementen las Guías Técnicas Ambientales.
- Sustituir el plan de Manejo Ambiental (PMA) cuando la industria cuenta con la certificación NB-ISO 14001.

En el artículo 114, el RASIM establece nuevos instrumentos para resolver conflictos y priorizar la reglamentación como son los acuerdos y diálogos.

Es posible que en la investigación encontremos distintas visiones y prácticas en planta referente a la Producción Más Limpia.

CAPITULO V. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

La empresa ABC TEXTIL SRL. Está ubicada en la ciudad de El Alto, se dedica a los tejidos y procesos textiles en telas de poliéster y acrílico, tiene 8 años de trabajo en la industria textil, su producción de 50 toneladas/mes en fibra acrílica. La fibra es comprada de Sudamericana Fibras, (empresa peruana productora de fibra acrílica hila en seco). El proceso de tintorería se lo realiza desde el pretratamiento, tintura y acabados, los procesos son lavados para eliminar aceites de acabado que lleva el hilo, tintura con colorantes básicos, y acabado al tacto.

La empresa ofrece telas lanilla, tafetán, perlón, tela de mantas, tela para enaguas, tela bayeta de la tierra, tela para poncho huayruru.

5.1 SITUACIÓN ACTUAL DE ABC TEXTIL

La empresa ABC TEXTIL se encuentra ubicada en la ciudad de El Alto en la zona de Tilata

Gráfico 13. Ubicación de la Planta ABC TEXTIL



5.1.1 Información de la Empresa

Razón Social: ABC TEXTIL SRL

Nombre Comercial: ABC TEXTIL SRL

Propietario: Sr. EDDY RAMIREZ

Dirección: Av. W. Ibáñez N° 360 Tilata El Alto

Teléfono: 2 850880

5.1.2 Marco Institucional ABC TEXTIL

La empresa ABC TEXTIL, se encuentra en el mercado boliviano hace 8 años, durante este tiempo trabaja para el mercado local con telas de color, el más importante de sus productos, es tela para la confección de ropa de cholitas, toda la indumentaria incluida las tullmas y fajas para la pollera.

Los colores son intensos y llegan a tonos neón, la producción es de 50 toneladas mes y antes de la pandemia tenía una producción más elevada. La empresa destina su producción a la confección de ropa folclórica para diversas fiestas de nuestro país.

La empresa está dividida en cuatro grandes áreas: Tintorería, Tejeduría y Bordados, junto al servicio a terceros en tintorería, generalmente los colores son tinturados en borra y en tonos fuertes intensos.

La empresa cuenta con manifiesto ambiental, pero no tiene el sistema de tratamiento de efluente o desechos. Los vertidos son enviados al desagüe común en la ciudad de El Alto, las fábricas de textil en esta ciudad no incorporan en la construcción los tratamientos de efluentes en el momento de iniciar su actividad como fabricantes, como es el caso de ABC TEXTILES.

Entre los compuestos y disponibilidad de las materias primas necesarias para su fabricación, las fibras acrílicas presentan unas perspectivas muy favorables, ya que ninguna de ellas es aromática.

Los vertidos de efluentes de acuerdo al estudio realizado por Arboleda (2000) indica que los componentes que son enviados a los cuerpos de agua son variados dependiendo de los procesos que lleva adelante en planta textil en tintura y acabados.

Entre los compuestos vertidos, se encuentran los residuos de colorantes clorados, sustancias químicas percloradas (PFC).

Los elementos que identifican a la empresa ABC TEXTIL son:

Misión

La empresa ABC TEXTIL, tiene la misión de ofrecer telas de excelente calidad para la satisfacción de la amplia clientela, con agilidad, confiabilidad y eficacia en la producción, logrando el crecimiento y desarrollo económico de nuestra empresa.

Visión

Generar una empresa de cadena textil con todo el ciclo de abastecimiento propio hasta la confección, apuntando a una imagen que la empresa quiere consolidar y transmitir a futuro.

Valores

Respeto en nuestro accionar diario hacia nuestra familia de clientes y trabajadores

Servicios

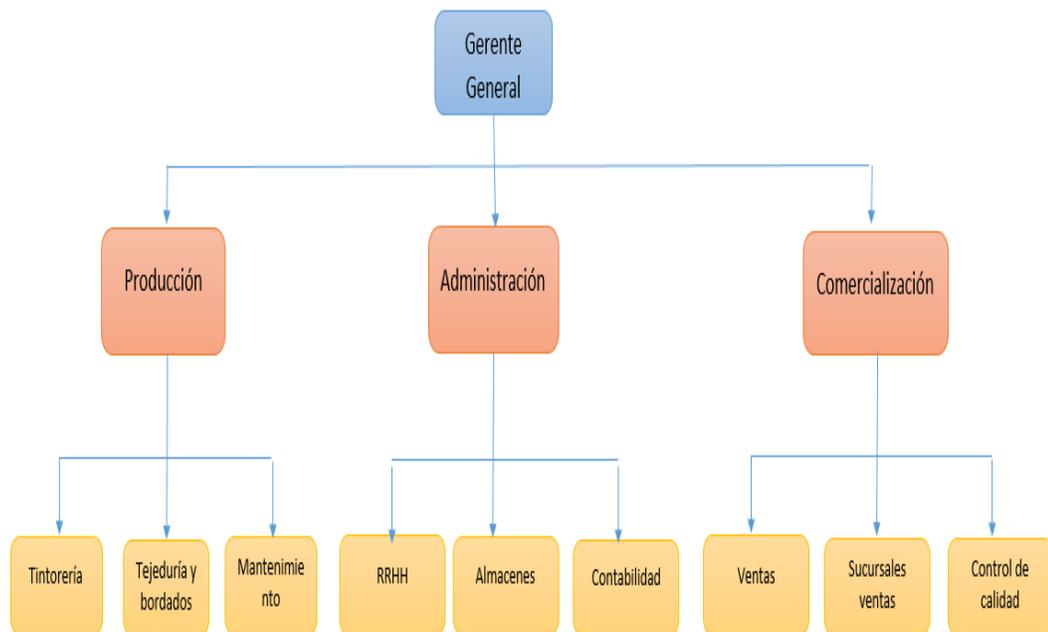
- Tejido de punto
- Tejido plano
- Teñido de poliéster
- Teñido de acrílico
- Perchado y frizado
- Formulación de colores
- Bordado de tela
- Estampado en tela

- Teñido de acrílico en borra, servicios a terceros

5.1.3 Organigrama ABC TEXTIL

La empresa comparte los objetivos de la empresa de negocios con todos los empleados en los diversos niveles y cargos de la empresa, la organización es rápida en la producción y comercialización. La organización en su estructura es fácil de desarrollar

Gráfico 14. Organigrama ABC TEXTIL



Fuente ABC TEXTIL (2021)

5.1.4 Proceso De Tintura ABC TEXTIL

La tintura con colorantes básicos se realiza a altas temperaturas y generalmente deben ser teñidos en un sistema cerrado, la temperatura del teñido es muy importante, entre 98 a 103 °C la fibra se abre y esto permite que las moléculas de color penetren y se proceda al teñido, este debe ser retenido por un retardante, ante una reacción rápida de la fibra con el colorante, que puede ser muy veloz, únicamente se presenta en este tipo de fibra y colorante.

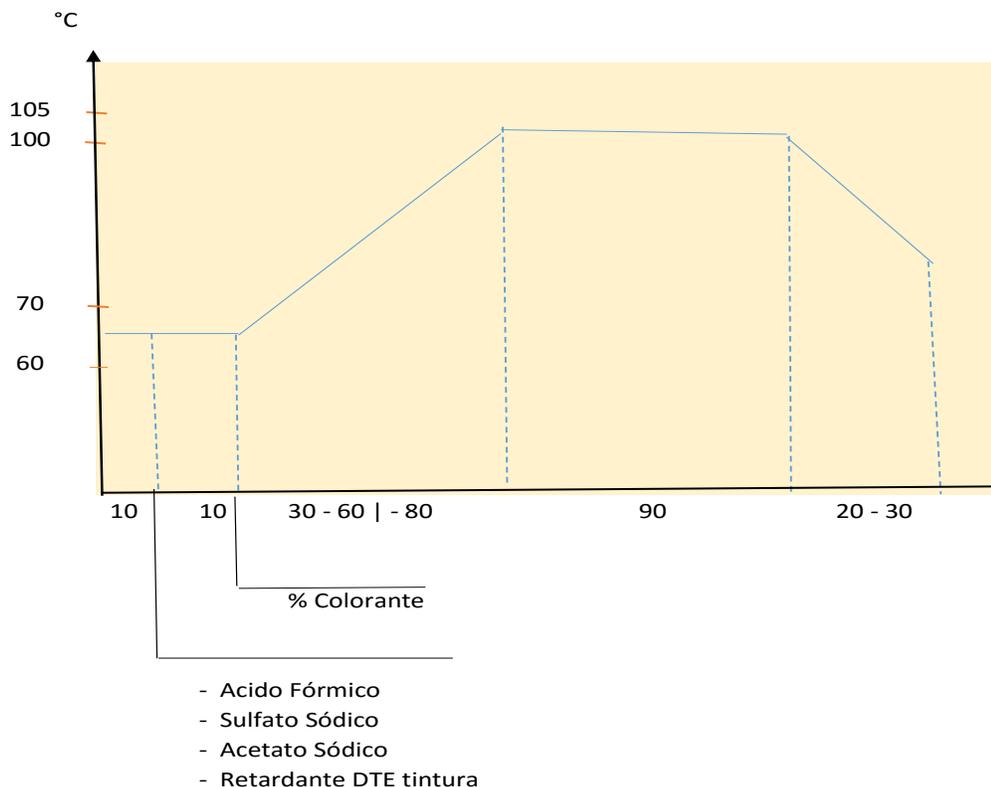
Los rendimientos en la fijación de colorante básico son altos, entre un 80 y 95% únicamente se puede observar residuos de color en tonos muy intensos como el negro, azul marino, en cada caso se añade un lavado reductor en el proceso final.

En la empresa ABC TEXTIL, se utiliza el sistema de teñido por agotamiento, este sistema permite a la empresa con sus tres máquinas de tintura, tener muy buena reproducibilidad.

En la página siguiente se muestra el uso de tiempos innecesarios, para el teñido de acrílico, en el análisis se plantea otro tipo curvas que tengan mayor eficiencia de trabajo en planta para ahorro en energía, agua y vertido de efluentes.

Mientras baja la temperatura de temperatura a 80 °C, se desecha el baño como efluente, posteriormente se adiciona baño para el primer enjuague, se pasa a un lavado reductor, en el caso de colores medios e intensos, con el fin de eliminar colorante hidrolizado en baño de tintura sobre el hilo.

Gráfico 15. Método de Tintura Catiónica ABC TEXTIL



Cuadro 9. Relación de auxiliares por tonalidad

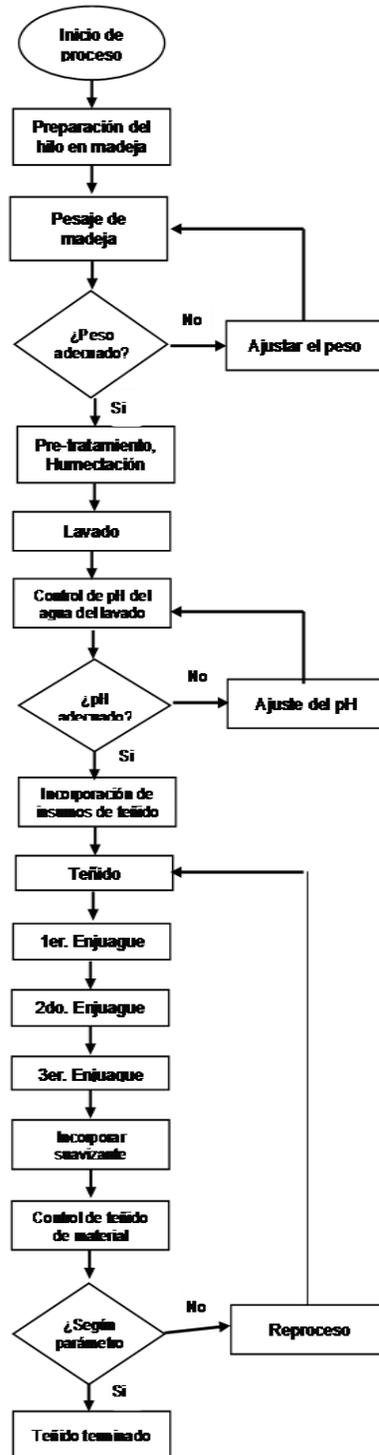
	TONOS CLAROS	TONOS MEDIOS	TONOS OSCUROS
ACIDO FORMICO	4 - 4,5	4 - 4,5	4 - 4,5
SULFATO SÓDICO	50%	30%	10%
ACETATO SÓDICO		5%	10%
RETARDANTE DE TINTURA	3,5 - 4%	3 - 4%	0,8 - 1,5%

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Actualmente la empresa ABC TEXTIL se desempeña con un flujo de procesos detallado en el flujograma siguiente, donde se muestra gráficamente la secuencia de pasos que sigue el proceso de teñido de la fibra acrílica.

- Inicia el proceso con un pesaje del hilo.
- Pre tratamiento del hilo en húmedo
- Primer lavado
- Control de pH y ajuste de pH
- Incorporación de insumos de teñido
- Primer enjuague
- Segundo enjuague
- Tercer enjuague
- Incorporación de suavizante
- Control de calidad de teñido
- ¿Va a reproceso?, Sí / No
- Terminado de proceso

Gráfico 16. Flujo de proceso de teñido de fibra acrílica - ABC TEXTIL



5.1.5 Efluentes de Tintura De ABC TEXTIL

En la actualidad la empresa no tiene procesos de tratamiento de efluentes, tiene dos depósitos de efluentes donde se junta todos los residuos de los distintos procesos de planta textil, estos se vierten sin hacer ningún tratamiento de los mismos.

La recepción de los efluentes solo se realiza para tener la posibilidad de verterlo a menos temperatura inicial después de la tintura, posteriormente es enviado al desagüe común que utilizan los hogares.

Cuadro 10. Conservación máxima de muestras

PARAMETROS	CONSERVACIÓN	TIEMPO DE CONSERVACION MAXIMO
DQO	2 ML Ac. Sulfúrico Con. Por Lt	7 días
DBO	Refrigeración (4°C)	6 horas
Acidez	No requerido	Indefinido
Alcalinidad	No requerido	Indefinido
Solidos suspendidos totales	No necesario	1 día
Color	Refrigeración (4°C)	24 horas
Dureza total	No requerido	Indefinido
Olor	Refrigeración (4°C)	7 días
Ph	Determinación al momento	Ninguno
Turbidez	No requerido	1 día

Fuente: (M. Raheel, 1997)

En el cuadro 10, se observa el tiempo que debemos emplear para la conservación de las muestras que se tomará en la empresa ABC TEXTIL, es necesario tener claro los parámetros de conservación, por la ubicación, la muestra que va destinado al análisis del DBO, debe ser enviado al laboratorio inmediatamente por el tiempo corto de conservación.

5.1.6 Consumo de Agua en la Planta ABC TEXTIL

A continuación se realiza un cálculo de seguimiento de uso de cuatro máquinas dos de 150 kilos, uno de 60 kilos y finalmente uno de 20 kilos.

Cuadro 11. Cálculo de agua por máquina, ABC TEXTIL

Acrílico	R. Baño	Pre-tratamiento	Teñido	Enjuague	Enjuague reductor	Enjuague	TOTAL
Máquina THIES Alemana 150 Kg	1:15	2.250	2.250	2.250	2.250	2.250	11.250 lts de agua para el teñido de Acrílico
TECNIMOC Alemana 150 Kg	1:20	2.250	2.250	2.250	2.250	2.250	11.250 lts. Agua teñido de Acrílico
CETEX Americana 60 Kg	1.20	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	6.000 lts. Agua teñido de Acrílico
POZZY Italiana 20 Kg	1.20	400	400	400	400	400	2.000 lts agua teñido Acrílico
TOTAL Consumo de agua para 380 kg de Acrílico			Teñido catiónico				30.500 lts de agua dulce para el procesamiento de 380, kg de fibra acrílica

Fuente: Elaboración propia (MAG2021)

El cuadro 11 muestra el consumo de agua por máquina de la empresa ABC TEXTIL, el que se usa en colores medios a intensos, con un lavado reductor, que se aplica para sacar colorante hidrolizado en agua de tintura el cual se queda encima del hilo o la madeja, provocando manchas o defectos de tintura en el acabado final.

Para 380 kg de fibra se usa 30.500 lts de agua, para cada kilo de fibra acrílica procesada se utiliza 80 lt. de H₂O (1 kg de fibra procesada/80 lts H₂O)

Es un uso intensivo de agua, el que posterior al procesamiento se va al desagüe sin ningún tratamiento con temperaturas altas, con pH ácido.

Lo que hay que resaltar para hacer un análisis de cantidad de agua en exceso que la fábrica ABC Textil utiliza relación de baño de 1:18 como promedio, en la máquina THIES la RB es 1:15 es decir que por 1 tonelada de fibra utiliza 15000 litros de agua, en las otras 3 máquinas

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

la RB es 1:20 lo que significa que por 1 tonelada de fibra se utiliza 20000 litros de agua. También es importante considerar el hecho de que realiza 3 enjuagues para completar el proceso tintóreo, es excesivo, toda vez que es innecesario los tres enjuagues.

En el teñido de 150 kg de fibra acrílica el total es 11.250 lts de agua, procesado en la máquina THIES, siendo el costo total:

$$VOL_{H_2O} * 2.90 \frac{bS.}{l} = COSTO DEL AGUA$$

Es decir que el costo de desechar el agua asciende a:

$$11250 \text{ lts} * 2.90 \frac{bS.}{l} = 32.625 Bs$$

En las otras máquinas con relación de baño de 1:20 el monto alcanzaría a:

$$15000 \text{ lts} * 2.90 \frac{bS.}{l} = 43.500 Bs$$

La aplicación de un programa de Producción Más Limpia reduciría en gran manera los costos innecesarios y excesivos como también el uso del agua, ocasionando cantidades importantes de efluentes.

Con sólo la reducción de tres enjuagues, en cada proceso de tintura de fibra acrílica llegaría a disminuir los gastos de la empresa en los siguientes montos

En la máquina THIES los tres baños de enjuague usan 6750 litros de agua:

$$6750 \text{ lts} * 2.90 \frac{bS.}{l} = 19.575 Bs$$

En las otras máquinas

$$9.000 \text{ lts} * 2.90 \frac{bS.}{l} = 26.100 Bs$$

Son montos de dinero importantes para incentivar a la empresa a realizar una reingeniería en sus procesos de tintura de fibra acrílica, lo que también significa menor cantidad de uso

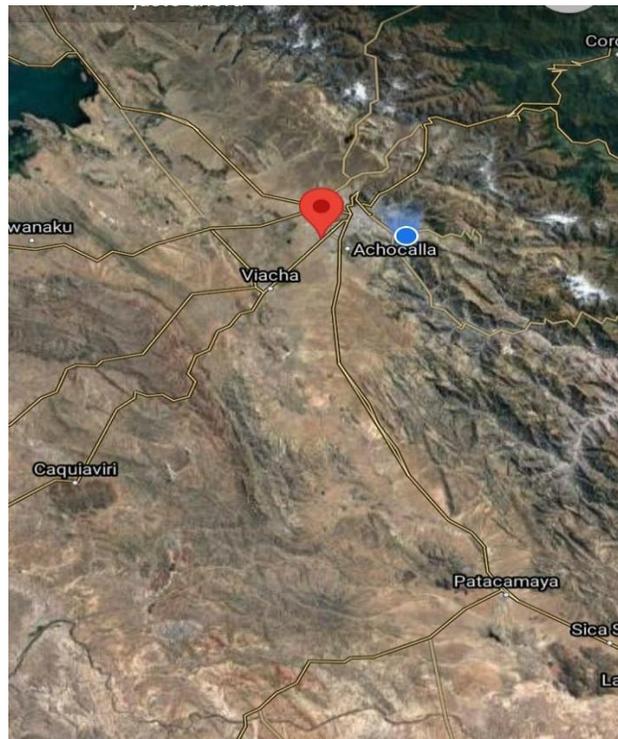
de agua como menor cantidad de efluentes en el medio ambiente, así como menor cantidad de soluciones contaminantes

La reducción de gastos de Bs 32.625 a 13.050 representa un ahorro del 60% en el caso de la máquina THIES, mientras que en las otras de Bs. 43.500 a Bs. 32.625 también representa un ahorro del 60%

5.2 SITUACIÓN ACTUAL ILLAMPU TEXTIL

La empresa Illampu Textil se encuentra ubicada en la Ciudad de El Alto

Gráfico 17. Ubicación de la planta ILLAMPU TEXTIL



Fuente: Ubicación Illampu Textil Google earth

Sus instalaciones se asientan en un terreno donde antes estuvo instalado Acribol, en aproximadamente de una hectárea.

5.3 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA ILLAMPU TEXTIL

Razón Social: ILLAMPU TEXTIL

Nombre Comercial: ILLAMPU TEXTIL SRL

Propietario: Dr. Aldo. Burgos

Dirección: El Alto, distrito 13 en la dirección Av. Tiahuanaco N°500 zona barrio Lindo

5.4 MARCO INSTITUCIONAL DE ILLAMPU TEXTIL

La empresa ILLAMPU TEXTIL SRL. se dedica a los hilos y procesos textiles en madejas, enconado y re-enconado en 100% acrílico, tiene 10 años de trabajo en la industria textil boliviana ubicada en la ciudad de El Alto, su producción es de 100 toneladas mes, la fibra es importada desde Perú (Sudamericana de Fibras) el proceso de tratamiento lo realiza desde el pre-tratamiento, lavado, teñido y acabados de tacto, los procesos son iniciados con el lavado para eliminar acabados del hilo, aceites de enzimage y productos utilizados para darle acabado en hilandería.

La empresa ofrece materia prima para los tejedores de chompas y aguayos.

Los elementos que identifican a ILLAMPU TEXTIL son:

Misión: La empresa Illampu Textil, tienen como misión la elaboración de hilos de acrílico de calidad e innovación que satisfagan las exigencias del mercado, brindando un servicio de excelencia, capacitando al personal para nuevos desafíos en el camino de la mejora constante.

Visión: La empresa plantea ser una empresa líder en su rubro, el que sea reconocido por su calidad y servicio en el mercado boliviano. Ser la opción de los que trabajan con hilo de acrílico.

5.4.1 Organigrama ILLAMPU TEXTIL

Gráfico 18. Organigrama ILLAMPU TEXTIL



Fuente: ILLAMPU TEXTIL (2015)

5.5 PROCESO DE TINTURA ILLAMPU TEXTIL

Tintura con colorantes catiónicos o llamados básicos para fibra acrílica.

La temperatura esta generalmente en un rango de 98 a 105 °C, dependiendo del tono y generalmente debe ser teñido en un sistema cerrado, la temperatura de teñido es muy importante, 102 a 105 °C la fibra se abre y esto permite que las moléculas de color penetren quedándose en el género, en el fijado del colorante existe el uso de un retardante que desacelera la subida de colorante a la fibra, esto se presenta por afinidad de reacción en el teñido.

Los colores son intensos y variados, la producción es de 100 toneladas mes y antes de la pandemia tenía una producción más elevada. La empresa destina su producción a los tejedores de aguayos y chompas.

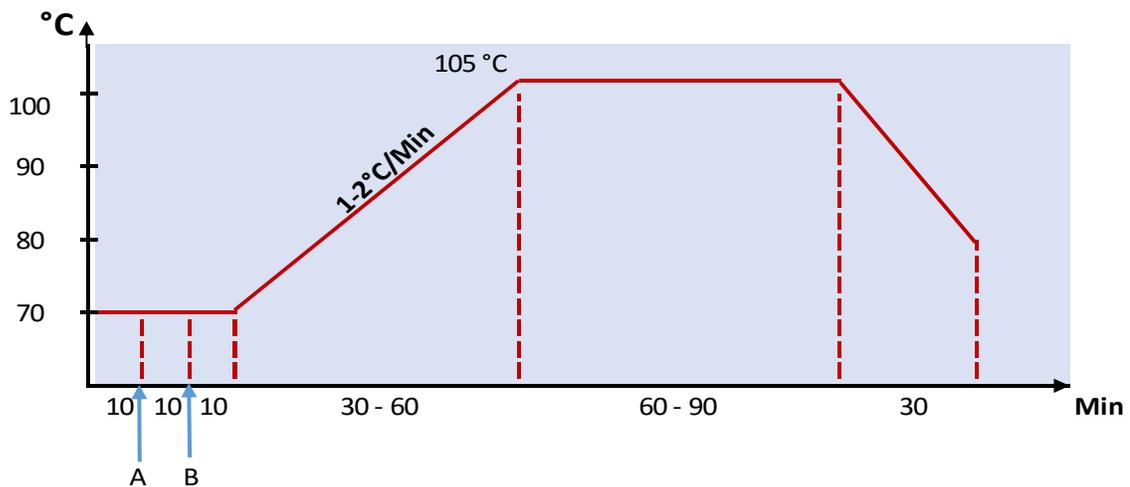
La empresa se divide en cuatro grandes áreas, hilandería, tejeduría, tintorería, acabados y comercialización, generalmente los colores son tinturados en madeja y en tonos medios e intensos.

Por la Ley 1333 de medio ambiente las empresas textiles esta, obligadas a presentar ficha ambiental y un informe anual de contenidos de sólidos, pH, y verificar in situ temperaturas de evacuación al desagüe. Las Alcaldías hacen la verificación de estos datos cada año y autorizan la continuidad del funcionamiento.

La empresa cuenta con manifiesto ambiental, pero no realiza tratamientos de efluentes o desechos. Los vertidos son enviados al desagüe, con temperatura elevada y con un pH ácido.

El proceso de tincura en ILLAMPU TEXTIL se muestra en el gráfico 7 de la siguiente página

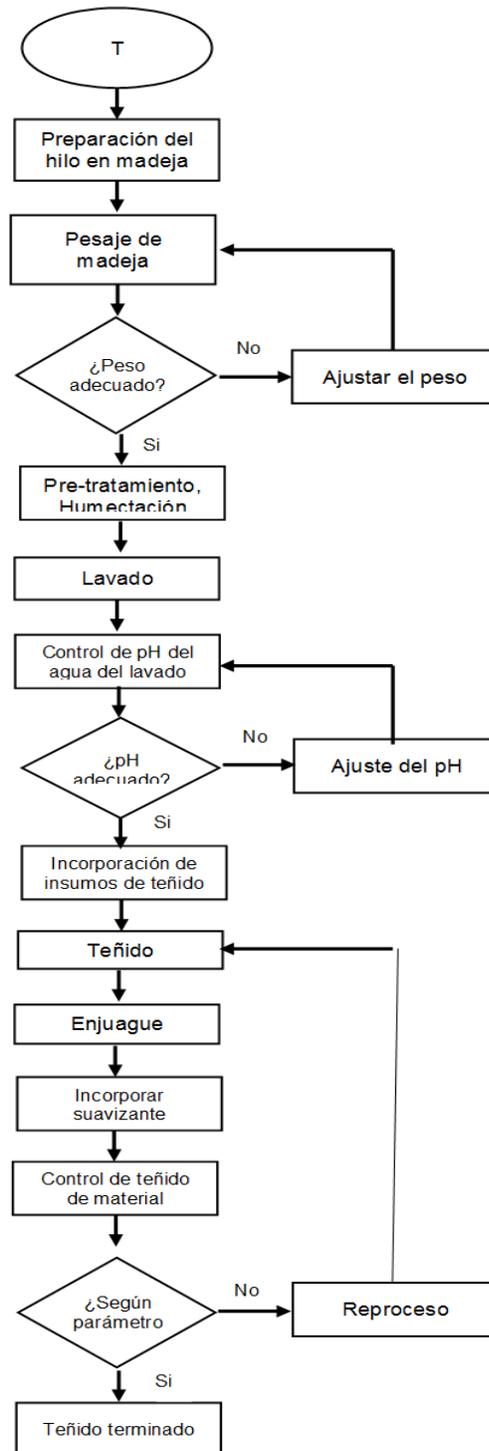
Gráfico 19. Curva de tincura por agotamiento – ILLAMPU TEXTIL



A: 0,4 - 0,8 gr / lt Humectante
 10 - 20% Sulfato de Sodio
 0,5 - 5% Acido Formico
 pH 4 - 5

B: 4 - 0 % Retardante de tincura
 X % Colorante Cationico

Gráfico 20. Flujo de proceso teñido de fibra acrílica - ILLAMPU TEXTIL



A diferencia de la empresa ABC TEXTIL los procesos de la empresa ILLAMPU TEXTIL lleva menos enjuagues

- Inicia el proceso con un pesaje del hilo.
- Pre tratamiento del hilo en húmedo
- Primer lavado
- Control de pH y ajuste de pH
- Incorporación de insumos de teñido
- Enjuague
- Incorporación de suavizante
- Control de calidad de teñido
- ¿Va a reproceso?, Sí / No
- Terminado de proceso

5.5.1 Efluentes de Tintura ILLAMPU TEXTIL

Los efluentes de la empresa son reunidos en un tanque para ser reutilizado, hasta el momento no se pudo hacer este uso, no hay tratamiento de pH, y presencia de color. Uno de los enfoques principales para instalar los dos estanques de reunido de efluentes fue para cumplir unos de los artículos de medio ambiente.

En el reglamento en materia de contaminación hídrica (RMCH); regula la prevención de la contaminación y control de la calidad de los recursos hídricos. Define el sistema de control de la contaminación hídrica, los límites permisibles de los elementos potencialmente contaminantes y las condiciones físico química que debe cumplir un efluente líquido para su vertimiento. Este reglamento es el que la empresa Illampu Textil, quería cumplir hasta que realiza sus actividades y observa que debía instalar más equipos para el tratamiento y reusó de las aguas.

Por lo tanto estos efluentes son evacuados al desagüe, sin realizar tratamientos de descontaminación y directamente de la maquina al desagüe con temperaturas elevadas.

Uno de los aspectos en el que avanza la empresa Illampu Textil, es el uso de agua de refrigeración del proceso, para lavado del pre tratamiento en algunos casos.

Cuadro 12. Conservación Máxima de muestras ILLAMPU TEXTIL

PARÁMETROS	CONSERVACIÓN	TIEMPO DE CONSERVACIÓN MÁXIMO
DQO	2 ML Ac. Sulfúrico Con. Por Lt	7 días
DBO	Refrigeración (4°C)	6 horas
Acidez	No requerido	Indefinido
Alcalinidad	No requerido	Indefinido
Sólidos suspendidos totales	No necesario	1 día
Color	Refrigeración (4°C)	24 horas
Dureza total	No requerida	Indefinida
Olor	Refrigeración (4°C)	7 días
pH	Determinación al momento	Ninguno
Turbidez	No requerido	1 día

Fuente: (M. Raheel, 1997)

En la toma muestras del trabajo de campo, se cumple con los requisitos expuestos por M. Raheel (1997) el que enfoca los tiempos para su conservación de análisis en laboratorio.

5.5.2 Consumo de agua en la planta ILLAMPU TEXTIL

Illampu Textil, es una empresa que tiene una actividad intensiva en producción de hilo teñido, su mercado son los chomperos y aguayeros, en el último tiempo bajo su producción, por el tema de la emergencia médica (Covid-19) en la actualidad está recuperando el mercado con su producción que va en ascenso.

Cuadro 13. Conservación Máxima de muestras ILLAMPU TEXTIL

Acrílico	R. Baño	Lavado	Teñido	Total
Maquina. Ropero 1 200 kg.	1:20	4.000 lt	4.000 lt	8.000 lt
Maquina. Ropero 2 200 kg.	1:20	4.000 lt	4.000 lt	8.000 lt
Maquina. Ropero 3 200 kg.	1:20	4.000 lt	4.000 lt	8.000 lt
TOTAL		12.000 lt	12.000 lt	24.000 lt

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa Illampu Textil (MAG2021)

Un aspecto importante del consumo de agua cada kilo procesado en tintorería de fibra de acrílico, utiliza 40 litros de agua dulce, 1 kg acrílico/ 40 lts

H₂O, la estimación para una tonelada sería de 1Ton PAC/ 40.000 lts H₂O.

Observado los datos tomados en planta se puede concluir cuan intensivo es el uso de agua en un proceso de tinte de fibra acrílica. Expertos en el área de tintorería indican que el teñido de acrílico es rápido y de bajo costo.

En esta observación que realiza la investigación se demuestra que el planteamiento de un programa de Producción Más Limpia, es necesario y urgente, se concluye que es intensivo el uso de agua, y desde luego los efluentes son abundantes y contaminados.

Cuadro 14. Costo de agua por tonelada de Acrílico, Illampu Textil

<i>Formula de trabajo</i>		
Costo de agua 2.90 Bs/ m³	→	1000 lt H₂O
1kg de acrílico procesado	→	40 lt H₂O
1000 kg acrílico * 40.000 lt H₂O	→	116.000 lts H₂O
40 m³ * 2.90 Bs/m³	→	116 Bs. H₂O
		= Bs. 0.116

El costo de procesamiento de una tonelada de fibra acrílica desde el pre-tratamiento hasta el acabado, es elevado, solo en agua.

El costo de acrílico por kilo en el mercado nacional es de 60 bolivianos, los colores intensos y moda 70 Bs.

5.6 CONTROL DE AGUA EN AMBAS PLANTAS TEXTILES

Las dos empresas analizadas, tienen un componente en agua dura importante, por el lavado de la fibra, en algunos casos se procede al teñido directamente con la adición de un humectante, el cual no ayuda al proceso de tinte, es posible dañar el teñido llegando a un proceso adicional de reproceso.

Uno de los teñidos más drásticos de agotamiento es el teñido catiónico, por lo que es difícil desmontar, la alternativa que buscan los tintoreros, es llevarlo nuevamente a la tintura a un color oscuro, esto incremento todos los insumos y colorantes, en el caso del agua es incrementado exponencialmente.

Cuadro 15. Grado de Dureza del Agua en las Dos Plantas

RANGO ESTANDAR	Calidad de agua	ABC TEXTIL	ILLAMPU TEXTIL
0 – 75 mg/1 CaCO ₃	Agua blanda		
75 – 150 mg/1 CaCO ₃	Agua semi-dura	X	X
150 – 300 mg/1 CaCO ₃	Agua dura		
Más de 300 mg/1 CaCO ₃	Agua muy dura		

Fuente: Cuidado del agua AAPS (2019)

El cuadro 15 es la demostración de un proceso de tintura fallido, la dureza del agua es uno de los aspectos más importantes para esperar resultados de acabados a 98 óptimos, las dos empresas están en el rango de agua semidura

ABC Textil: 114 mg/L CaCO₃

Illampu Textil: 137 mg/L CaCO₃

El re-teñido, es una opción para estas empresas, cuando sale una partida manchada, la fibra acrílica es un proceso de tintura difícil de desmontar después de acabo el teñido, el índice de saturación de la fibra es alta.

Índice de saturación: El índice de saturación (factor S) indica la máxima de colorante que se puede fijar sobre una determinada fibra de PAC. Este índice está en relación directa con el número de grupos con afinidad por el colorante que posee la fibra y está referido a un tiempo de tintura a 98 y 105°C.

Índice de saturación del colorante (f): El factor f es una contante del colorante si sirve para calcular la concentración de saturación (Cs) en % de un determinado colorante o de una combinación de colorantes sobre una fibra PAC determinada, según la formula. (Basilea Suiza Patente nº 3380, 1989).

$$Cs = \frac{S}{f}$$

Poder de migración: Las dos empresas ABC Textil e Illampu Textil, trabajan con colorantes de factor (f). Mientras que el poder de migración de los colorantes catiónicos convencionales Y, tienen otro comportamiento, los colorantes de las dos empresas son de factor f por su elevado poder de migración.

CAPITULO VI. ESTUDIO Y EVOLUCIÓN DEL PROCESO DE TINTURA

6.1. BALANCE DE MASA

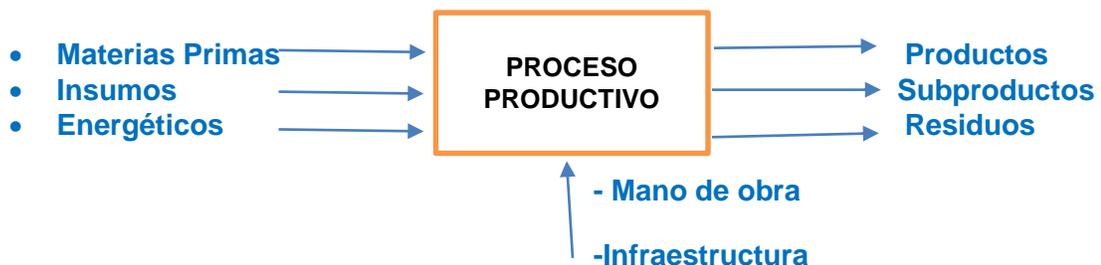
El balance de masa utiliza un método matemático, se basa en la ley de conservación de la materia, el que se establece que la masa de un sistema cerrado permanece siempre constante. La masa que ingresa en un sistema debe, por lo tanto, salir del sistema o acumularse dentro de él, es decir:

$$\text{Entrada} = \text{Salida} + \text{Perdidas}$$

El balance de más un elemento fundamental de La Producción Más Limpia, en el “Balance de Materiales”, que se basa en el principio de conservación de la materia:

- Identificar el punto de origen, los volúmenes y las causas de los desperdicios y emisiones.
- Crear una base para una evaluación y proyección para procesos futuros
- Definir estrategias para mejorar la situación global del proceso.
- Analizar en conjunto los procesos teóricos de las etapas del proceso identificado en el diagrama de flujo, las entrada y salidas, para identificar las posibilidades de optimización del proceso de tintura, uso eficiente de insumos, cantidad de agua en una relación de baño óptimo, aplicar medidas de reducción del impacto ambiental entre otros.

Gráfico 21. Balance de entradas y salidas del proceso



6.2. BALANCE DE MASA: TONOS CLAROS Y MEDIOS

Cuadro 16. Balance de masa en tintura tonos claros y medios

BALANCE DE MASA EN TINTURA ACRÍLICA COLORES CLAROS Y MEDIOS										
ENTRADAS			PROCESO		SALIDAS				PERDIDAS	
					PRODUCTOS	RESIDUOS				
Materia s Primas, Insumos y Auxiliares (Kg)			Agua (L)	Energía	Etapas	HILO (Kg)	Efluentes líquidos (L)	Residuos sólidos	Emisiones atmosféricas	
MADEJA	CORAL	196.40	2356.8	Eléctrica	Jabonado 80° ↑ 1C/10 min 90°C/10 min	183.8	1463.58	Envases Conos	Ruido y vapores químicos	12.6
Auxiliares	HUMECTANT	1.80								
	COLRITO DE	4.60								
	Sal tampon	3.00								
	Irgasol DAM	1.50	Aire Comp.	Hilo Blanqueado						
			2018.4	Eléctrica	Enjuague	183.8	1461.59			0
				Vapor	80°C/10 min					
				Aire Comp.	Hilo Enjuagado					
Tintura	Acido RB	0.90	2018.4	Eléctrica	Neutralizado	183.8	1962.24	Envases Conos	Ruido y vapores químicos	0
		Humectante		2.20	Vapor					
				Aire Comp.	Neutralizado					
Auxiliares de Tintura	Acido Acetic	2.95	2018.42	Eléctrica	Tintura 104°C/3,35 min			Envases Conos	Ruido y vapores químicos	
	Sulfato de N	2.95	400							
	Tinegal PAC	6.90								
Colorantes	Irgasol CO	10.00	300	Vapor						
	Amarillo 28	0.22								
	Marino Mix	0.08								
	Rojo 46	0.03								
Auxiliares de	Albegal B	7.50	300	Aire Comp.	Hilo Tinturado	181.7	2457.33			2.1
			2018.4	Eléctrica	Enjuage 80°C	181.7	1461.59			0
				Vapor						
				Aire Comp.	Enjuague					
Auxiliares	Ultravon PG	2.40	2018.4	Eléctrica	Enjuague	181.7	1461.59	Envases Conos	Ruido y vapores químicos	0
				Vapor	80°C/20 min					
				Aire Comp.	Enjuague					
		243.427	13448.8	Eléctrica	Enjuagues frios 4	1278.2	11729.51		Ruido	14.7
					Calientes 80°C					
				Aire Comp.	Hilo Enjuagado					
auxiliares	ácido Formico	1.00	2018.4	Eléctrica	Neutralizado	181.7	1463.4	Envases conos	Ruidos y vapores de químicos	0
				Vapor	40°C/10 min					
				Aire Comp.	Hilo Neutralizado					
auxiliares	Irgasol CO	1.00	2018.4	Eléctrica	Suavizado	181.59	1460.4	Envases conos	Ruidos y vapores de químicos	0.11
				Vapor	40°C/15 min					
				Aire Comp.	Hilo Suavizado					
	Sapamina OC	2.17		Eléctrica	Centrifugado/15	181.3	1226		Ruidos y vibraciones	15.2
				Aire Comp.	Hilo Húmedo					
				Eléctrica	Hilo secado					
				Combustible	180°C/18 min					
				Aire Comp.	Hilo seco					
		247.596	17485.6		SUBTOTAL	1822.79	15879.31	17702.1		30.01
					-17702.1					
PRODUCTOS										
Suma de los productos							181.8 Kg de Hilo			
TOTAL										
Suma total de entradas					Suma total de salidas			Diferencia		
			17733.35		17702.1			31.25		

Fuente: Elaboración propia en base a datos de ABC TEXTIL

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

6.3. BALANCE DE MASA: TONOS MEDIOS Y OSCUROS

Cuadro 17. Balance de masa en tintura tonos oscuros

BALANCE DE MASA EN TINTURA ACRÍLICA EN AUTOBLAVE (ROPERO)										
BALANCE DE MASA EN TINTURA ACRÍLICA COLORES OSCUROS										
ENTRADAS			PROCESO		SALIDAS					
Materia s Primas, Insumos y Auxiliares (Kg)			Agua (L)	Energía	Etapas	PRODUCTOS	RESIDUOS			PERDIDAS
HILO	ROJO					HILO (Kg)	Efluentes líquidos (L)	Residuos sólidos	Emisiones atmosféricas	
		185.72		Eléctrica	JABONADO 40°C ↑ 2°C/min hasta 90°C/10 min	170.12	2306.64	Envases Conos	Ruido y vapores químicos	15.6
Auxiliares	HUMECTANTE	1.20	3714.40	Vapor						
	Ultrabon	3.00								
	Sal tampon	3.90								
	Irgasol DAM	1.50		Aire Comp.	Hilo Jabonado					
			2306.65	Eléctrica	Enjuague 80°C/10	170.12	2304.42			0
				Vapor	min					
				Aire Comp.	Hilo Enjuagado					
	Humectante	1.20								
	Acido Formico	3.90	2306.65							
Auxiliares de Tintura	Sulfato de Na	1.90	2306.65	Eléctrica	Tintura 104°C/4,35 min	166.32	2307.80	Envases Conos	Ruido y vapores químicos	2.68
	Tinegal PAC	5.70								
	Irgasol CO	1.95								
	Rojo 46	1.88	400.00	Vapor						
Colorantes	Rojo 36	1.17	300.00							
	Amarillo 28	0.20								
Auxiliares de	Albegal B	1.60	300.00	Aire Comp.	Hilo Tinturado					
	Acido Formico	1.00	2306.65	Eléctrica	Enjuage 80°C	166.32	2606.64		Ruido	0
				Vapor						
				Aire Comp.	Hilo Enjuagado					
auxiliares	Sapamina OC	3.90	2306.65	Eléctrica	Suavizado 40°C/15	166.19	2306.64	Envases conos	Ruidos y vapores de químicos	0.14
				Vapor	min					
				Aire Comp.	Hilo Suavizado					
				Eléctrica	Centrifugado/15 min	166.08	2206.64		Ruidos y vibraciones	18.14
				Aire Comp.	Hilo Húmedo					
				Eléctrica	Hilo secado		1637.54		Ruido, gases de combustión	
				Combustible	180°C/18 min					
				Aire Comp.	Hilo seco					
		219.72	16247.65		SUBTOTAL	1005.15	15676.32			
								16681.470		33.37
PRODUCTOS										
Suma de los productos								181.80 Kg. De Hilo		
TOTAL										
Suma total de entradas					Suma total de salidas			Diferencia		
			17733.35			17686.62			46.73	

Fuente: Elaboración propia en base a datos de ILLAMPU TEXTIL

6.4. MEMORIAS DE CÁLCULO: TONOS MEDIOS Y OSCUROS

En el trabajo de campo se observa los procesos en el cual los trabajadores de tintorería realizan 5 enjuagues tipo bach hasta que el agua este transparente, varios enjuagues, la dosificación de colorantes y auxiliares realizan en solución adicionando agua, los cálculos de químicos y auxiliares se realiza con un volumen inicial sin considerar que durante el proceso van incorporando litros de agua, por lo tanto es un valor nominal 1:12 kg/L.

El volumen real que se carga en la autoclave es de 2.356,80 L, este fue calculado tomando en cuenta el tiempo de 4,13 min y $Q_1 = 629.09\text{L/min}$. Referido a la cuantificación de la dosificación de ingreso de agua se toma como tiempo total de ingreso de colorante a través de la olla de adición 180 L con adición de dispersante aniónico en 30 min (6 L/min).

En el caso de la suma total de entras y salidas para contar con las sumas se debió hacer el cambio de litros a kilogramos, para tener un balance de masa manejable (densidad del agua 1 kg/L)

El procesamiento y preparado para la carga a máquina de tintura de madejas de acrílico, solo es aproximado, porque no se carga la capacidad máxima de la máquina. El volumen de agua retenida por la fibra de madejas de acrílico es de 36,5 %, esta fue determinada en trabajo de campo de forma experimental, en la maquina centrifugadora, este dato permitió determinar la cantidad de agua residual que va al efluente. Se considera como pérdidas, la disminución del peso final de las madejas procesadas en contra posición del peso inicial. Esta diferencia se debe a la eliminación de ceras y detergente de fabricación incluido el aceite de enzimage.

El tiempo de tintura de colores claros, medios y oscuros se toma tiempos verificando distintos colores y programación de la empresa, todos los colores procesados durante ese tiempo de toma de muestras y seguimiento.

- Colores oscuros 4,28 min
- Colores claros y medios 3,06 min.

Estos datos muestran la posibilidad de hacer durante las horas de trabajo, varias

cargadas de teñido. En este cálculo no está contemplado el pre-tratamiento de la fibra.

6.5. PRINCIPALES INDICADORES FICHA TÉCNICA

Cuadro 18. Indicador para monitoreo consumo de agua, Autoclave

FICHA DE INDICADORES AMBIENTALES		
Nombre del indicador:	Consumo de agua por proceso	
1. Descripción del indicador ambiental		
Se observa al indicador relativo en el área de tintorería, este relacionado al consumo de agua, medido en metros cúbicos el que es utilizado en la etapa de teñido en el área de tintorería con la producción de madejas tinturados en toneladas, las unidades son en m ³ /ton. La importancia radica en el planteamiento de permitir identificar la disminución del consumo de agua en el proceso de tintura de acrílico.		
2. Clasificación y desarrollo de los datos		
El volumen utilizado de agua en las diferentes etapas de procesamiento, se desconoce sobre todo hacer diferencias entre colores claros, medios y oscuros, no se lleva el control y no hay conocimiento del consumo de agua en diferentes procesos, otro aspecto importante el consumo de agua para el caldero es muy importante, de esto depende todos los procesos. Se sabe la relación de baño en cada orden que se emite al interior de la empresa, pero es un conocimiento teórico que habitualmente se usa como generador de cálculo para los insumos y sustancias químicas necesarios para el procedimiento, no hay un registro de consumo total del proceso, se debe crear una metodología para hacer el registro e incorporar para el cálculo de costo.		
3. Determinación de los recursos necesarios para el proceso		
La investigación de Producción Más Limpia en Tintura de fibra acrílica en La Paz, en referencia al consumo de agua en el proceso de tintura, varias instalaciones se requiere en las empresas de estudio, entre las que se necesita un medidor de caudal de agua o flujo en las autoclaves, máquinas de tintura, es necesario saber el real uso de agua en los diferentes colores.		
4. Determinación de los factores de conversión		
La unidad de medida en volumen es litros, y se refiere a los consumos de agua en los procesos de tintura, esto se convertirá en metros cúbicos para su manejo adecuado, el metro cubico es igual a 1000 litros. Esta unidad de medida se convertirá a kilogramo litro, para mejor manejo de las cifras se convertirá a toneladas y se dividirá el número de kilogramos para un factor de 1000 (m ³ /ton)		
5. Frecuencia, periodo y parámetros recopilación de datos , trabajo de campo		
Fue realizada la toma de datos en las empresas analizadas de forma diaria, la medición de consumo de agua del teñido de madejas de acrílico, se realizó con instrumentos proporcionado por el equipo de investigación. La producción es frecuente durante 6 días de la semana, los datos fueron por jornada de trabajo.		
Parámetro	Frecuencia	Periodo de evaluación
Consumo de agua por proceso, m ³	Diario	1 mes
Consumo de Hilo tinturado, Kg	Diario	1 mes

Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa ABC Textil (2021)

Cuadro 19. Indicador para monitoreo de consumo de ácido

FICHA DE INDICADORES AMBIENTALES		
Nombre del indicador:	Consumo de ácido por proceso	
1. Descripción del indicador ambiental		
<p>Uno de los insumos químicos importantes para el proceso de tintura acrílica es el ácido fórmico y ácido acético en algunos procesos de colores difíciles, este cuadro relaciona el consumo de estos dos ácidos en kilogramos utilizados en la etapa de tintura y durante el proceso de fijación del colorante en la producción de madejas de acrílico en toneladas, sus unidades son Kg/ton. La importancia del análisis del consumo de ácidos, radica en la reutilización del pH, para los próximos teñidos y se determina la cantidad de residuos ácidos en los efluentes.</p>		
2. Clasificación y desarrollo de los datos		
<p>Se conoce el peso de ácido utilizado en la etapa de tintura de colores claros, medios y oscuros de madeja de acrílico. Se pudo acceder al consumo diario de ácido en las empresas durante los procesos y en la etapa de tintura y se conoce del precio de ácido fórmico y ácido acético por kilogramo.</p>		
3. Determinación de los recursos necesarios para el proceso		
<p>La investigación de Producción Más Limpia en Tintura de fibra acrílica, está referido al consumo de ácido en el proceso de tintura, y la eficacia del reusó, para lo cual se debe utilizar los depósitos de baño con el que cuentan la empresa. En esta etapa es necesario hacer la medición de porcentaje residual de ácidos, para reutilizar en los próximos procesos.</p>		
4. Determinación de los factores de conversión		
<p>La unidad de medida del volumen de ácido consumido, se refiere a los consumos en los procesos de tintura, se medirá en gramos para convertir en kilogramos se dividirá el número de gramos por 1000000. Unidad de medida de producción: kilogramos el que se convierte en toneladas el que se divide por un factor de 1000.</p>		
5. Frecuencia, periodo y parámetros recopilación de datos , trabajo de campo		
<p>Realizada de forma diaria Medición de consumo de ácido y producción de hilo teñido, la producción es frecuente tomando como frecuencia una jornada de trabajo.</p>		
Parámetro	Frecuencia	Periodo de evaluación
Consumo de ácido por proceso, m3	Diario	1 mes
Consumo de Hilo tinturado, Kg	Diario	1 mes

Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa ABC Textil (2021)

Cuadro 20. Indicador para monitoreo consumo de agua, Autoclave

FICHA DE INDICADORES AMBIENTALES		
Nombre del indicador:	Consumo de agua por proceso	
6. Descripción del indicador ambiental		
Se observa al indicador relativo en el área de tintorería, este relacionado al consumo de agua, medido en metros cúbicos el que es utilizado en la etapa de teñido en el área de tintorería con la producción de madejas tinturados en toneladas, las unidades son en m ³ /ton. La importancia radica en el planteamiento de permitir identificar la disminución del consumo de agua en el proceso de tintura de acrílico.		
7. Clasificación y desarrollo de los datos		
El volumen utilizado de agua en las diferentes etapas de procesamiento, se desconoce sobre todo hacer diferencias entre colores claros, medios y oscuros, no se lleva el control y no hay conocimiento del consumo de agua en diferentes procesos, otro aspecto importante el consumo de agua para el caldero es muy importante, de esto depende todos los procesos. Se sabe la relación de baño en cada orden que se emite al interior de la empresa, pero es un conocimiento teórico que habitualmente se usa como generador de cálculo para los insumos y sustancias químicas necesarios para el procedimiento, no hay un registro de consumo total del proceso, se debe crear una metodología para hacer el registro e incorporar para el cálculo de costo.		
8. Determinación de los recursos necesarios para el proceso		
La investigación de Producción Más Limpia en Tintura de fibra acrílica en La Paz, en referencia al consumo de agua en el proceso de tintura, varias instalaciones se requiere en las empresas de estudio, entre las que se necesita un medidor de caudal de agua o flujo en las autoclaves, máquinas de tintura, es necesario saber el real uso de agua en los diferentes colores.		
9. Determinación de los factores de conversión		
La unidad de medida en volumen es litros, y se refiere a los consumos de agua en los procesos de tintura, esto se convertirá en metros cúbicos para su manejo adecuado, el metro cubico es igual a 1000 litros. Esta unidad de medida se convertirá a kilogramo litro, para mejor manejo de las cifras se convertirá a toneladas y se dividirá el número de kilogramos para un factor de 1000 (m ³ /ton)		
10. Frecuencia, periodo y parámetros recopilación de datos , trabajo de campo		
Fue realizada la toma de datos en las empresas analizadas de forma diaria, la medición de consumo de agua del teñido de madejas de acrílico, se realizó con instrumentos proporcionado por el equipo de investigación. La producción es frecuente durante 6 días de la semana, los datos fueron por jornada de trabajo.		
Parámetro	Frecuencia	Periodo de evaluación
Consumo de agua por proceso, m ³	Diario	1 mes
Consumo de Hilo tinturado, Kg	Diario	1 mes

Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa Illampu Textil (2021)

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

Cuadro 21. Indicador para monitoreo de consumo de ácido

FICHA DE INDICADORES AMBIENTALES		
Nombre del indicador:	Consumo de ácido por proceso	
6. Descripción del indicador ambiental		
<p>Uno de los insumos químicos importantes para el proceso de tintura acrílica es el ácido fórmico y ácido acético en algunos procesos de colores difíciles, este cuadro relaciona el consumo de estos dos ácidos en kilogramos utilizados en la etapa de tintura y durante el proceso de fijación del colorante en la producción de madejas de acrílico en toneladas, sus unidades son Kg/ton. La importancia del análisis del consumo de ácidos, radica en la reutilización del pH, para los próximos teñidos y se determina la cantidad de residuos ácidos en los efluentes.</p>		
7. Clasificación y desarrollo de los datos		
<p>Se conoce el peso de ácido utilizado en la etapa de tintura de colores claros, medios y oscuros de madeja de acrílico. Se pudo acceder al consumo diario de ácido en las empresas durante los procesos y en la etapa de tintura y se conoce del precio de ácido fórmico y ácido acético por kilogramo.</p>		
8. Determinación de los recursos necesarios para el proceso		
<p>La investigación de Producción Más Limpia en Tintura de fibra acrílica, está referido al consumo de ácido en el proceso de tintura, y la eficacia del reusó, para lo cual se debe utilizar los depósitos de baño con el que cuenta la empresa. En esta etapa es necesario hacer la medición de porcentaje residual de ácidos, para reutilizar en los próximos procesos.</p>		
9. Determinación de los factores de conversión		
<p>La unidad de medida del volumen de ácido consumido, se refiere a los consumos en los procesos de tintura, se medirá en gramos para convertir en kilogramos se dividirá el número de gramos por 1000000. Unidad de medida de producción: kilogramos el que se convierte en toneladas el que se divide por un factor de 1000.</p>		
10. Frecuencia, periodo y parámetros recopilación de datos , trabajo de campo		
<p>Realizada de forma diaria Medición de consumo de ácido y producción de hilo teñido, la producción es frecuente tomando como frecuencia una jornada de trabajo.</p>		
Parámetro	Frecuencia	Periodo de evaluación
Consumo de ácido por proceso, m3	Diario	1 mes
Consumo de Hilo tinturado, Kg	Diario	1 mes

Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa Illampu Textil (2021)

CAPÍTULO VII METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

7.1. PARADIGMA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación realizada se enmarca en un paradigma positivista, por cuanto se trata de comprobar la implementación de la Producción Más Limpia en las empresas estudiadas pueden lograr reducir el impacto ambiental de las actividades de las empresas, logrando hacer eficiente el proceso de tintura.

Con el trabajo en las pruebas realizadas genera la base del planteamiento de una posible implementación de un programa de Producción Más Limpia en las empresas ABC TEXTIL, TEXTILES ILLAMPU.

7.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque que se aplica en la investigación es principalmente cuantitativo a partir del análisis de laboratorio de muestras recolectadas del proceso tintoreo, lo cual orienta la planificación, desarrollo y seguimiento del trabajo de campo en el análisis se podrá validar el planteamiento de la hipótesis o rechazarla, para este efecto se cumple con los dos requisitos, de control y de validez interna

- 1) El grupo de comparación (manipulación de variable independiente o variable dependiente)
- 2) Equivalencia de los grupos “los diseños auténticamente experimentales, pueden abarcar uno o más variables independientes y una o más dependientes. Asimismo, se puede utilizar pre pruebas y pos pruebas, para analizar la evolución de los grupos antes y después del tratamiento experimental” (Hernández, R. 1998 pág.137).

En este entendido, se realizó muestras de la composición de los tintes y los efluentes del proceso tintoreo que realizaban las empresas estudiadas, con el propósito de generar un grupo de prueba que permita la comparación como línea base. Y posteriormente se realiza muestras que son resultado de la aplicación de un programa de Producción Más Limpia en el proceso.

7.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación realizada es de tipo experimental, correlacional:

Experimental por el trabajo que se realizará en el laboratorio, en el que se observará las cantidades de relación de baño, insumos y la eficiencia del método usado en el procedimiento de teñido catiónico para fibra acrílica, la evaluación de los métodos permitirá observar con objetividad el planteamiento de un programa de Producción Más Limpia.

En concordancia con el enfoque de la investigación y buscando profundizar en el conocimiento del entorno de la investigación, se plantea el tipo de investigación experimental. Por cuanto se manipula una variable en relación de otra que es independiente, proceso que se realiza en la determinación de contaminante en el efluente de tintura para medir, analizar el uso de agua e insumos químicos para la implementación de un programa de Producción Más Limpia en teñido acrílico, los cuales afectaran los siguientes:

- Modificación en los procesos de tintura, (tintura corta).
- Uso de efluente en otros procesos textiles
- Uso de auxiliares alternos
- Uso de colorantes con baja polución.
- Modificación de relación de baño.

Por otro lado, como sustento de lo identificado se plantea el tipo de investigación correlacional, considerando que es un tipo de investigación no experimental que permite relacionar dos variables. Apoya en una primera instancia a que la investigación entienda y evalúe la relación estadística entre la cantidad del agua y la cantidad de los componentes químicos que intervienen en la “sopa” de teñido sin influencia de ninguna variable extraña. Generando una relación entre estas dos variables.

Este tipo de investigación correlacional permite identificar las variables que parecen interactuar entre sí, de modo que cuando una de las variables cambie se tenga claro la manera en la que la otra variable también cambie.

7.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En el marco de la metodología de la investigación establecida para el logro de los objetivos planteados se ha empleado los siguientes métodos:

El método inductivo – deductivo

En la investigación documental, en el análisis de teorías y ponencia sobre el tema planteado, como durante el trabajo de campo, tomando en cuenta que se parte de premisas particulares para llegar a una conclusión general que es el método inductivo, con este sustento se aplica el método deductivo que usa principios generales para llegar a una conclusión específica,

- El método analítico – sintético, que se aplica en el trabajo de método de investigación por cuanto se disgregación todo el proceso de tintura, en sus partes constitutivas generando subprocesos para observar las causas, la naturaleza y los efectos que ocasionan en las condiciones medioambientales generadas por las actividades de las empresas de estudio y después relacionar cada reacción mediante la elaboración de una síntesis general del fenómeno estudiado como consecuencias de una implementación de programas de Producción Más Limpia.

Sustentados en el método analítico se plantea en el entorno de la investigación de campo los siguientes análisis:

- Análisis de campo, seguimiento de proceso de tintura en fibra acrílica, del que se tomara muestras para definir la presencia de químicos.
- Análisis del proceso, tiempos y movimientos en planta de tintorería para concretar un proceso adecuado.
- Análisis de pérdidas y derrames, proceso óptimo en tintorería.
- Análisis tiempo de procedimiento en tintura, curva de teñido adecuado en diferentes tonos de colores, entre los que están tonos pasteles, medio e intensos (no es el mismo tiempo de teñido en las diferentes intensidades de tono)

La investigación se basa en el seguimiento de los resultados de procesamiento de tintura en ABC TEXTIL, en base al proceso estándar de planta textil, de este se hará un análisis pormenorizado y seguimiento al proceso, del cual se tomará muestras por color por proceso, llevando a un análisis químico cuantitativo.

7.5. DISEÑO METODOLÓGICO

El trabajo de investigación se basa en una revisión integral que diagnostique el estado de situación de las dos empresas seleccionadas para la presente investigación, que serán objeto de estudio, se observa sus procesos de producción, identificando áreas donde el consumo de materia prima, agua, energía, la utilización de materiales peligrosos y la generación de residuos puedan ser potencialmente reducidos u optimizados.

El propósito de la investigación es plantear un programa de Producción Más Limpia, que permita generar procesos eficientes en la tintura de fibra acrílica, en el entendido de disminuir el consumo de químicos y auxiliares mediante el cálculo de pesos de los productos y la relación de baño real.

Los procesos establecidos para el análisis se entienden como el conjunto de actos y acciones que siguen determinados procedimientos que se debe realizar para lograr el objetivo que se estableció en la investigación, de tal forma que puedan ser validados con precisión, planteando una estructura sistemática que establezca la forma de recolección, organización, selección y análisis de la información, lo que permita la interpretación de resultados ligados a los objetivos que se obtengan en este proceso.

Los procesos seleccionados para el análisis son 3, para el logro de los objetivos

Nivel 1

El concepto fundamental en este nivel 1 es la “Reducción en la Fuente” es el desarrollo de todas las acciones de la metodología de Producción Más limpia para prevenir y reducir la contaminación y hacer más rentable la producción del producto. La acción está enfocada en encontrar oportunidades de mejora y prevención de la contaminación con cambios en el proceso de tintura.

Nivel 2

Si se plantea la reducción de contaminantes en el efluente, los que logren eliminar, buscar opción de:

- Reusar intermitentemente
- Recuperar como materia prima dirigido a otro proceso
- Crear sub-productos (abonos)

Nivel 3

La aplicación de curva de tintura eficiente, sin tiempos muertos, sin uso de insumos inadecuados.

Y una estrategia de Producción Más Limpia.

Como primera reflexión se parte del análisis de la relación de baño a mejorar para lo cual es imprescindible el registro del volumen empleado en los procesos analizados, tomando en cuenta que a mayor uso de agua mayor cantidad a desechar y mayor cantidad a tratar.

En este entendido, se realiza la recolección de información de los volúmenes de uso de agua realizados por las empresas de estudio en los procesos de análisis previamente establecidos.

Por lo cual en primera instancia se realiza un análisis de situación del proceso de teñido de las dos empresas objeto de estudio siguiendo las siguientes etapas:

Primera etapa: La constitución del equipo de trabajo, con el que se definió los alcances de la investigación, de acuerdo a las especificaciones de la investigación.

Segunda etapa: Se definió un conjunto de bibliografías, para obtener información de los aportes existentes, que establecen el tipo de análisis que se realizó, como ser los análisis de DBO, DQO, PH, materiales en suspensión, componentes de los efluentes

Tercera Etapa: Establecer parámetros para la medición y comparación de las muestras según el análisis realizado

Cuarta Etapa: En esta etapa la implementación de toma de muestras, y preservación de las mismas para su análisis, algunas muestras para determinar un análisis correcto solo tienen 4 horas de duración.

Quinta etapa: Determinación de la cantidad de relación de baño en un teñido estándar, tomando en cuenta la tecnología en maquinaria con el que cuenta ABC TEXTIL, (máquina de teñido de última generación THIES), así mismo, se establece pruebas para la empresa "Textiles Illampu"

Sexta etapa: se realiza el análisis obtenido de las pruebas de laboratorio, tabulando y organizando la información acorde a la investigación, empleando....

Séptima etapa: se elabora la propuesta de adecuación de los procesos analizados al planteamiento de la Producción Más Limpia.

Posterior al análisis de situación del proceso de teñido de las dos empresas objeto de estudio se prosiguió a la determinación de acciones a tomar para la formulación de Producción Más Limpia, que permita generar procesos eficientes en la tintura de fibra acrílica, en el entendido de disminuir el consumo de químicos y auxiliares mediante el cálculo de pesos de los productos y la relación de baño real.

Los procesos establecidos para el análisis en la investigación se entienden como el conjunto de actos y acciones que siguen determinados procedimientos que se debe realizar para lograr el objetivo que se estableció en la investigación, de tal forma que puedan ser validados con precisión, planteando una estructura sistemática que establezca la forma de recolección, organización, selección y análisis de la información, lo que permita la interpretación de resultados ligados a los objetivos que se obtengan en este proceso.

CAPÍTULO VIII ANALISIS DEL PROCESO DE TEÑIDO PARA P+L

8.1. TRABAJO DE CAMPO

Para realizar el trabajo de campo se selecciona procesos que se agrupan en tres etapas descritas a continuación:

Primera etapa: El equipo de trabajo, se constituyó de la siguiente manera: Auxiliar de investigación y docente de investigación, tomando datos de tiempos y movimientos en planta, los análisis físicos in situ

Lo cual permitió establecer los alcances de la investigación de la siguiente manera: Plantear un programa de Producción Más Limpia, que contemple soluciones a los problemas identificados en planta, lo cual responden a las especificaciones de la investigación.

Segunda etapa: Entre el tipo de análisis que se realizaron podemos detallar los siguientes:

- ✓ Análisis físico: Temperatura, pH y volumen de agua de tintura y de enjuague.
- ✓ Análisis químico:

Dureza total: la Dureza total del agua está condicionado por su contenido en sales de los metales alcalinotérreos Calcio, Magnesio, Estroncio y el Bario (“formadores de dureza”). Como en el agua el Estroncio y Bario solo se encuentran en trazas, se define la dureza como el contenido de un agua en iones Calcio Ca^{2+} e iones Magnesio, Mg^{2+} (iones de dureza). Es usual que la indicación en iones magnesio se exprese como contenido en calcio.

Salinidad: El método normalizados para análisis de aguas potables y residuales APHA – AWWA-WPCF 2510 B. método de laboratorio.

Solidos Totales: Método Normalizado para análisis de agua potable y residual APHA-AWWA-WPCF. 2540 B. Solidos totales en suspensión. Secados a 103-105 °C, vigésima tercera versión.

8.1.1. Caracterización fisicoquímica de los efluentes de tintura

1. Previo a tocar las características de los efluentes se hace un enfoque del estado actual de los procesos de las dos empresas motivos de estudio, el que se observó.
 - Reunir los datos generales de la empresa en varias entrevistas con los responsables de producción (volumen de producción, volumen de materiales, residuos de efluentes, como y que se hace con los vertidos)
 - Definir el diagrama de flujo entradas y salidas.
 - En el diario de campo llevar registros y mediciones de materias primas, consumo de agua y energía.
 - Realizar verificación del proceso de tintura
 - Generación de operaciones de Producción Más Limpia.

2. Posteriormente se realiza el respectivo muestreo de aguas residuales, de la forma que se hizo:
 - Observar y evaluar el caudal hídrico
 - -identificación de puntos de toma de muestras
 - Verificación de descarga final del efluente. Solo se reúne
 - Descarga final del efluente al desagüe, se conoce las diferentes actividades o procesos que realiza la empresa. Las muestras se toman de forma manual, las muestras de 700 ml, de esto se toma alícuotas para analizar en laboratorio.

3. La caracterización físico químico de los efluentes del proceso de tintura conforme a los parámetros establecidos en la Ley 1333, para la descarga de aguas residuales hacia el desagüe.

Cuadro 22. Plan de Monitoreo del Proceso de Tintura Acrílica

ENTRADAS	OPERACIONES O ETAPAS	SALIDAS
<i>Pesar el hilo en madeja Medir el consumo de agua Medir y pesar químicos y auxiliares</i>	<i>LABADO</i>	<i>Medir cantidad de efluente</i>
<i>Medir consumo de agua Pesar productos químicos</i>	<i>BLANQUEO</i>	<i>Medir cantidad de efluente</i>
<i>Medir consumo de agua Pesar los químicos y Auxiliares. Pesar colorantes</i>	<i>TINTURA</i>	<i>Medir cantidad de efluente</i>
<i>Medir el consumo de agua</i>	<i>ENJUAGUE</i>	<i>Medir cantidad de efluente</i>
<i>Medir el consumo de agua</i>	<i>ENJUAGUE</i>	<i>Medir cantidad de efluente</i>
<i>Pesar productos y medir consumo de agua</i>	<i>SUAVIZADO</i>	<i>Medir cantidad de efluente</i>

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Tercera Etapa: Los parámetros establecidos para la medición y comparación de las muestras según el análisis realizado se detallan a continuación.

Los parámetros a ser observados, se realizarán en el mes de agosto/2021, proceso de 5 a 8 horas de seguimiento de tintura, se describe en la siguiente tabla de pruebas.

Considerando las recomendaciones del cuadro, para el análisis de datos.

Considerando lo más importante:

- Determinación de dureza de agua para tintura de acrílica.
- Relación de baño.
- Determinación de presencia de ácidos.

8.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Con relación a la identificación de la población de la investigación en general, se partió de principio con el análisis de la industria textil de la ciudad de La Paz, de las cuales se focalizo la industria textil acrílica, que es conformada por empresas medianas que tienen como materia prima principal la fibra de acrílico, al realizar la investigación se pudo establecer

que en el departamento de La Paz existían 5 empresas de este tipo. En las indagaciones se ha podido establecer que dos de estas empresas actualmente no se encuentran en funcionamiento, por lo cual, se ha tomado en consideración como objeto de investigación dos de las tres empresas que actualmente se encuentran en funcionamiento. Considerando a estas dos empresas una adecuada muestra para desarrollo de la presente investigación.

Las dos empresas objeto de estudio son ABC TEXTIL y TEXTILES ILLIMANI, las cuales tienen procesos productivos de alguna forma similares.

Para efectos de la investigación sobre los procesos de teñido, se considerará como población, todo el procesado de fibra acrílica por mes que se procesa en cada planta de las empresas objeto de investigación.

Las muestras son tomadas una semana del mes, para una mejor representatividad el muestreo se realiza seleccionando una semana donde la producción se promedió.

- Muestras requeridas para el análisis de laboratorio por color; tonos bajos, medios e intensos. En este sentido se distribuyó de la siguiente manera las muestras recolectadas:
 - Para análisis físico de laboratorio 5 muestras
 - Para análisis químico y determinación de parámetros 5 muestras
 - Para prueba de jarras 8 muestras

8.3. ANÁLISIS DE SITUACIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO ABC TEXTIL

Las variables a considerar en el análisis de estado de situación del agua para el proceso de teñido son:

- Determinación de dureza de agua para tintura de acrílica.
- Relación de baño.
- Determinación de presencia de ácidos.

Cuadro 23. Parámetros a desarrollar

Parámetro	Unidad	Expresión	Calidad de agua textil para el teñido
Demanda biológica de oxígeno (DBO)	mg/L	DBO	816
Demanda química de oxígeno (DQO)	ml/L	DQO	1416
Temperatura	°C	T	80
pH		pH	4,5
Sólidos en suspensión	mg/L	S.S.T.	38

Fuente: elaboración propia (MAG2021)

Las variables a considerar en el análisis de estado de situación de los efluentes del proceso de teñido son:

Los parámetros evaluados en planta ABC TEXTIL, en tintura y residuos finales en los efluentes en teñido de fibra acrílico con colorantes catiónicos:

- Temperatura °C (termómetro)
- pH 0 - 5 (ácido)
- Sólidos en suspensión
- Dureza de agua textil.

Para el levantamiento de muestras se tomó en cuenta la Ley de medio ambiente y la reglamentación para el sector industrial manufacturero, que presenta la Guía Técnica General de Producción Más Limpia de la Cámara Nacional de Industria Bolivia, que plantea las siguientes consideraciones:

- Toma de muestras del momento de tintura deben ser llevadas adelante entre dos personas.
- Hay exigencias de tiempo para el análisis de algunas variables, la bitácora debe estar con fechas y horas de análisis.
- El entrenamiento de seguridad industrial es imprescindible para el trabajo de campo (manipulación de agentes químicos tóxicos)

Los ambientes a utilizar para el análisis de las muestras recolectadas se detallan a continuación:

- Laboratorio de ABC TEXTIL (pruebas piloto de tintura, la empresa cuenta con una máquina de prueba de 5 kilos)
- Laboratorio de la Universidad Pública de El Alto
- Laboratorio de pruebas (alquilado).

Toma de muestras durante el proceso de tintura, temperatura alta y presión elevada en máquina, se debe emplear el siguiente equipo: Lentes de seguridad, guantes de aislar calor, traje de bioseguridad, mascarilla y botas.

Bajo las consideraciones arriba mencionadas se inicia la caracterización de las empresas objeto de la investigación, iniciando con la empresa ABC TEXTIL.

La producción de ABC TEXTIL, es de 60 toneladas mes, los cuales pasan por el proceso de teñido. La empresa trabaja 6 días a la semana, tiene una gama amplia de colores para su propio abastecimiento en sus distintos artículos y proporciona servicios en teñido de borra acrílico, trabaja en sistema cerrado durante el proceso de tintura, la temperatura en el sistema es de 102 a 105 °C, uno de los elementos a ser considerados al momento de la toma de muestras en el trabajo de campo, otro de los aspectos importantes, es el pH ácido.

Se realizó el muestreo aleatorio durante la primera semana, del teñido acrílico al 100%, realizando de 5 a 8 horas de seguimiento de la tintura, proceso estándar con curva de tintura catiónica 102 a 105 °C, proceso de agotamiento.

La cantidad de baño se realizó en base a curvas de proceso estándar en las empresas de estudio bajo las siguientes consideraciones, tipo de máquina con la que cuenta ABC Textil:

- THIES alemana, capacidad de 150 kilogramos carga
- CETEX americana capacidad de 60 kg por carga.
- TECNIMOX, alemana turbo capacidad 150 kg.
- POZZI, italiana de 4 unidades con capacidad de 5 kilos cada uno total 20 kg.

CAPÍTULO IX: RESULTADOS

La empresa ABC Textil, en el proceso de tintura de acrílico, tiene una curva de proceso diferente al estándar recomendado por las compañías proveedoras de colorantes a partir de estudios técnicos científicos. La concentración de colorante e insumos químicos tiene influencia en los resultados del proceso de tintura.

La tintorería maneja la dosificación de químicos y auxiliares de tintura de fibra acrílica, los mismos que deben tener una concentración ideal para el proceso, hay dosificación y está en función de la relación de baño, la modificación de este parámetro incide directamente en el acabado.

En este caso la empresa tiene la relación de baño muy elevado, de acuerdo a las recomendaciones de los técnicos proveedores de maquinaria que realizan estudios de procesamiento antes de vender en los mercados maquinaria, la máquina THIES (Alemana) de una tecnología de reducción de baño y ahorro, no es usado bajo esos criterios, hay una sub utilización de una tecnología de punta, en términos de maquinaria, utiliza en la actualidad una R.B. 1:15, esta relación de baño es la misma que se utiliza para el cálculo de insumos y auxiliares de tintura, práctica común en la empresa, este cálculo en la práctica provoca despilfarro e incremento de costos en el producto final, generando las siguientes pérdidas:

- En costo de agua
- Costos de insumos y auxiliares
- Alto consumo de litros de agua
- Alta generación de efluentes

Sólo estos elementos nos conducen a identificar oportunidad de implementar Producción Más Limpia concerniente a la disminución de químicos y auxiliares de tintura en máquina THIES, mediante el uso adecuado de una relación de baño y el cálculo de pasos.

El cuadro 24 presenta el levantamiento de datos obtenidos en el muestreo, durante la semana de campo en planta.

Cuadro 24. Muestras de agua residual

Después del teñido catiónico antes de los enjuagues y suavizado ABC Textil

DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	>1000	>1000	> 1100	>1200	>1100
Longitud de onda (nm)	Color	color	color	color	Color
	323	325	345	401	348
	325	323	347	380	356
	328	324	355	379	342
	324	328	348	398	370
	323	325	356	384	324
	325	323	361	390	369

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Gráfico 22. Sólidos Suspendedos (mg/l)

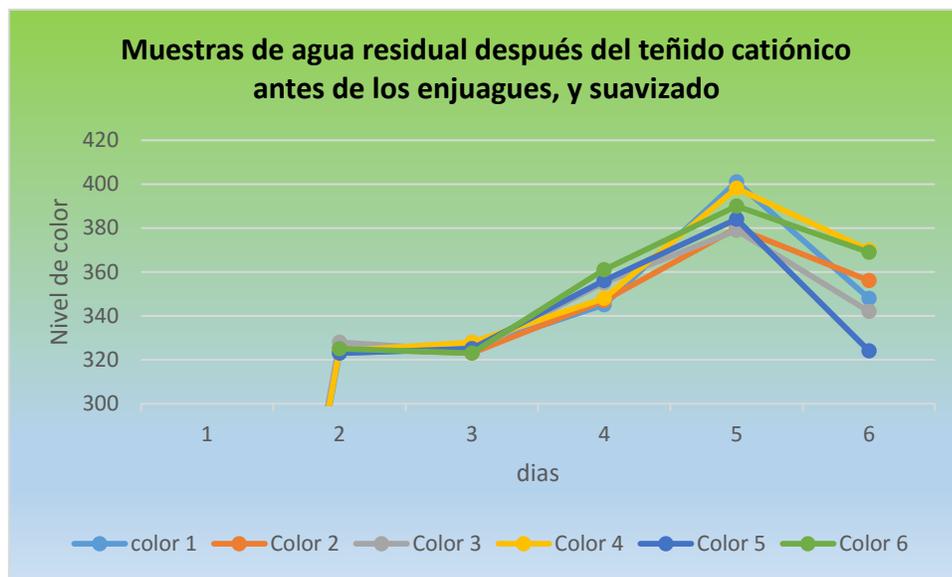


Fuente: Elaboración propia (2021)

Los parámetros medidos, en el cuadro 18 establecen a través del análisis, los contaminantes presentes en los vertidos del proceso de tintura, muestran ligero cantidad de color en el efluente, tomando en cuenta parámetros estándar. Método 8025 APHA. Platino y cobalto, espectrofotómetro, método de laboratorio HACH.

En el caso de sólidos en suspensión, se observa un bajo contenido de este, verificado con el método normalizado para análisis de aguas potables y residuales APHA – AWWA – WPCF.2540 D. Sólidos totales y residuales, vigésima tercera versión.

Gráfico 23. Muestras de agua residual



Fuente: Elaboración propia (2021)

El gráfico 23 muestra la poca contaminación de los efluentes, después de la tintura, cual la alternativa para estas empresas, reutilizar los baños de tintura con 48 horas de aireación (método físico) en su depósito de agua.

Otro aspecto resultado del trabajo de campo es que la empresa debe disminuir los enjuagues, desde el punto de vista de los rendimientos en el proceso de tintura de los colorantes catiónicos es de 95%, no hay necesidad de varios enjuagues, los que permitirán:

- Ahorro de agua dulce

- Ahorro económico en insumos y auxiliares, toda vez que el cálculo de estos esta en base a la relación de baño.
- Ahorro de tiempo de trabajo del obrero (varios enjuagues)
- Ahorro de energía (calentamiento del agua de enjuague)
- Ahorro en el uso de máquina
- Incremento de producción

9.1. EFLUENTES DE TINTURA

En el cuadro 25 la lectura que se observa, mejora el panorama de posibilidades de implementación de la reutilización de efluentes sin tratamientos caros, como aireación, decantación, floculación y precipitación.

Por esta razón, se identifica oportunidad de Producción Más Limpia concerniente a la disminución de consumo de agua y por ende disminución de químicos y auxiliares mediante el cálculo de pesos para la relación de baño real.

No existe posibilidad de dañar el próximo teñido por reusó de baños de tintura y enjuagues. El rendimiento en el proceso de agotamiento de tintura catiónica alcanza a 90-98 %. Como se observa en las lecturas de tabla 1 y 2, el porcentaje de presencia de color es mínimo.

Color aparente y color verdadero

Color aparente: Es el color de la muestra debido a sustancias en forma disuelta y al proporcionado por solidos suspendidos, este parámetro es muy poco reproducible, porque el comportamiento de los sólidos suspendidos es muy variable, se mide en la muestra agitada sin filtrar.

Color verdadero: Es el color de la muestra debido a sustancias disueltas, se mide en la muestra filtrada o centrifugada.

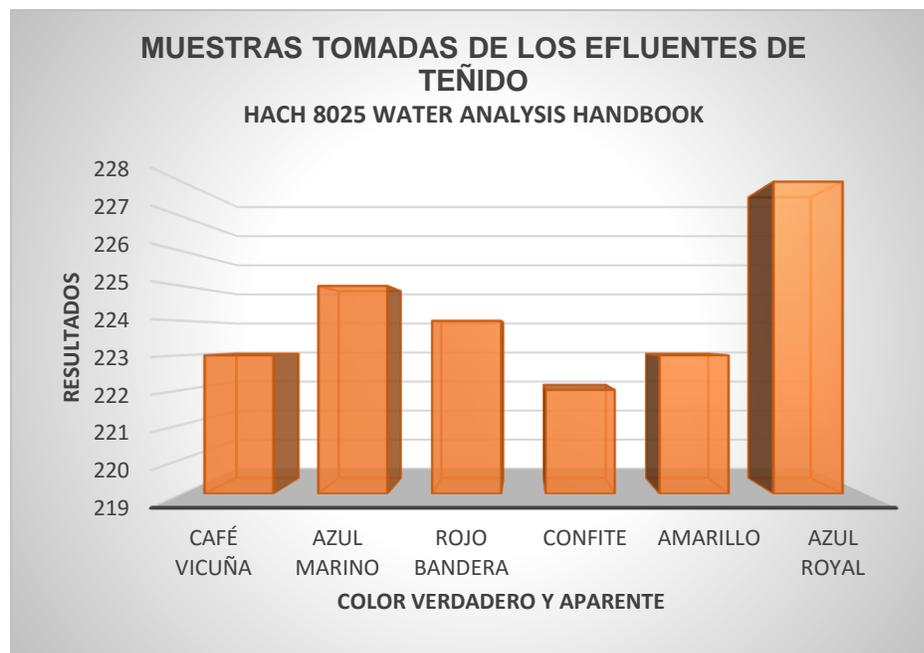
Cuadro 25 Muestras tomadas de los efluentes de teñido ABC Textil

Color Aparente Color Verdadero, HACH 8025 WATER ANALYSIS HANDBOOK

Numero	Fecha	Parámetro	Método	Unidades	Resultados
1	23/08	Color aparente y Verdadero, café vicuña	HACH-8025	Unit. PT-co	223
1	24/08	Color aparente y Verdadero, azul marino	HACH-8025	Unit. PT-co	225
1	25/08	Color aparente y Verdadero, rojo bandera	HACH-8025	Unit. PT-co	224
1	26/08	Color aparente y Verdadero, confite	HACH-8025	Unit. PT-co	222
1	28/08	Color aparente y Verdadero, amarillo	HACH-8025	Unit. PT-co	223
1	31/08	Color aparente y Verdadero, azul royal	HACH-8025	Unit. PT-co	228

Fuente: elaboración propia (MAG2021) Métodos analíticos Normalizados APHA, AWWA Y WPCF

Gráfico 24. Color aparente color verdadero



Fuente: Elaboración Propia (MAG2021)

El gráfico 24 muestra un color difícil de construir en el proceso de tricromías, azul royal, es un color que se debe trabajar con un azul brillante que muchas de las veces pueden ser inestable en compañía de otros colores como el rojo o amarillo, dependiendo de la tendencia que se requiera, el control de calidad en lecturas metaméricas pueden causar variaciones al momento de obtener un azul royal. En el gráfico se observa que el único color que tiene mayor contenido de presencia de moléculas de color, es el azul royal. Los resultados son alentadores en general en todos los colores observados, para plantear cambios en los procesos, generando ahorro en tiempo, ahorro económico.

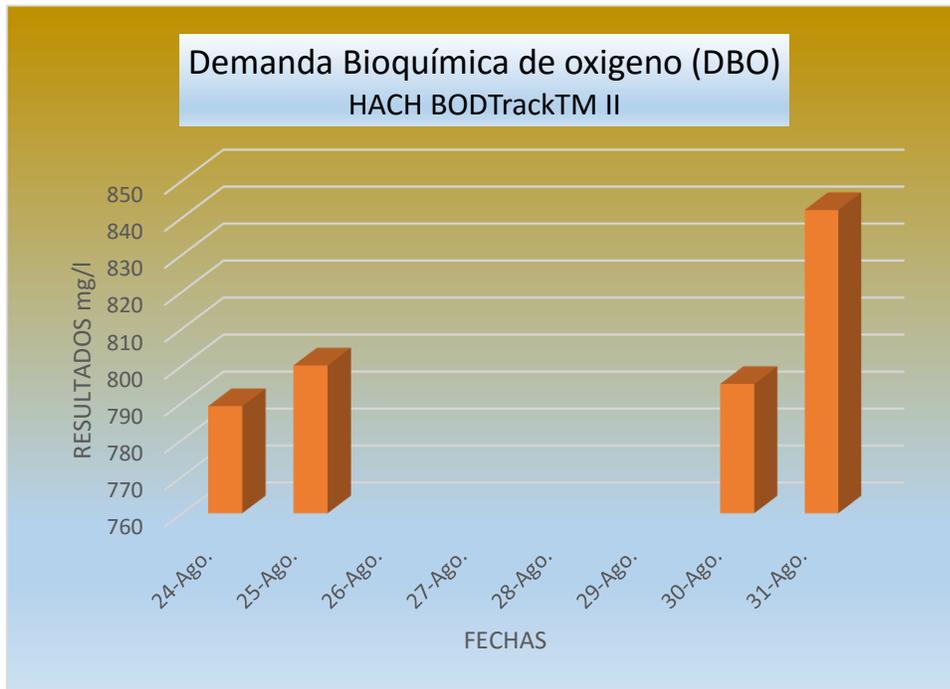
9.1.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Cuadro 26. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)

Número	Fecha	Parámetro	Método	Unidades	Resultados
1	24/08	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	789
1	25/08	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	800
1	30/08	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	795
1	31/08	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	842

Fuente: Elaboración propia (MAG2021)

Gráfico 25. Demanda Bioquímica de Oxígeno



Fuente: Elaboración Propia (MAG2021)

El gráfico 24 indica la cantidad de oxígeno (mg O₂/l) consumido en la reacción, como verificado es bajo la determinación del parámetro observado, esto permite plantear el uso de temperatura y agua en el siguiente proceso, que no siempre puede ser en la tintura, se sugiere el uso del agua en el pre tratamiento desde preparación para el teñido.

9.1.2. Parámetro de la DQO

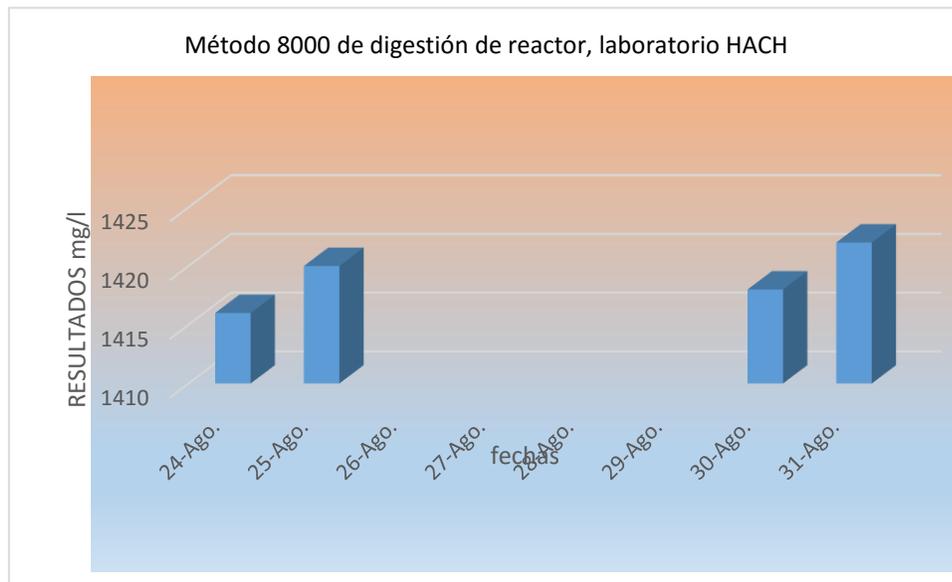
Cuadro 27. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO)

Método 8000 de digestión de reactor, laboratorio HACH

Número	Fecha	Parámetro	Método	Unidades	Resultados
1	24/08	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1416
1	25/08	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1420
1	30/08	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1418
1	31/08	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1422

Fuente: Elaboración propia (MAG2021)

Gráfico 26. Demanda Química de Oxígeno



Fuente: Elaboración Propia (MAG 2021)

El gráfico 26 se aproxima a los parámetros propuesto en la investigación. Este parámetro, acerca al proyecto planteado en el entorno del ahorro, indica la posibilidad de reutilizar agua y no enviar tantos litros al desagüe, con pH ácido, la posibilidad de utilizar el agua es factible en la empresa, permitiendo ahorro económico, mejor cuidado del agua dulce, permite el ahorro, utilizando en varias ocasiones el agua del efluente que tiene un costo por vertido 2.90 Bs/m³.

En el cuadro 28 la lectura que se observa, mejora el panorama de posibilidades de implementación de la reutilización de efluentes sin tratamientos caros, como aireación, decantación, floculación y precipitación.

Por esta razón, se identifica oportunidad de Producción Más Limpia concerniente a la disminución de consumo de agua y por ende disminución de químicos y auxiliares mediante el cálculo de pesos para la relación de baño real.

No existe posibilidad de dañar el próximo teñido por reusó de baños de tintura y enjuagues. El rendimiento en el proceso de agotamiento de tintura catiónica alcanza a 90-98%. Como se observa en las lecturas de tabla 1 y 2, el porcentaje de presencia de color es mínimo.

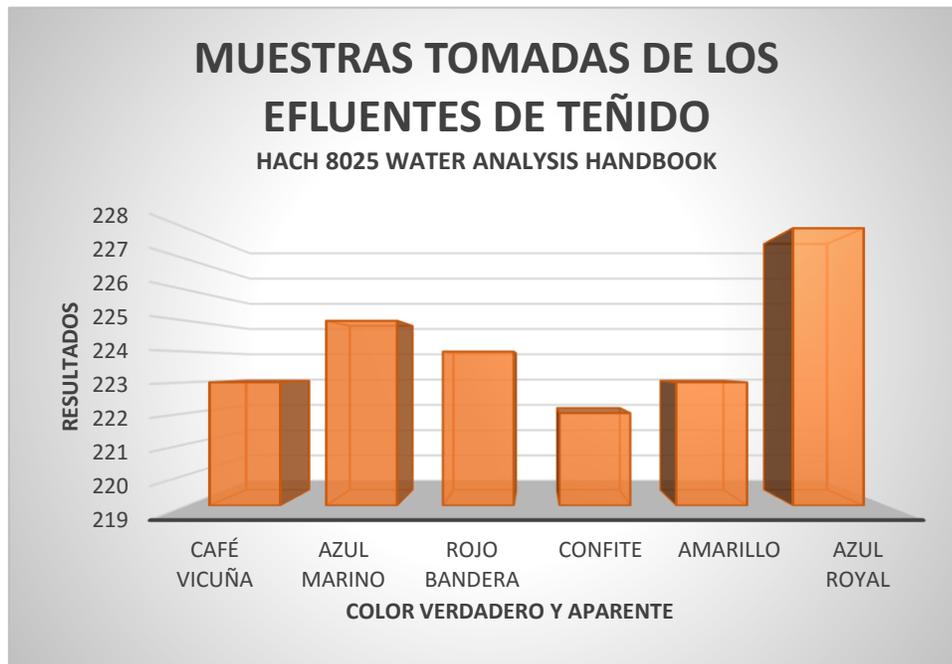
Cuadro 28. Muestras tomadas de los efluentes de teñido ABC Textil

Color Aparente Color Verdadero, HACH 8025 WATER ANALYSIS HANDBOOK

Número	Fecha	Parámetro	Método	Unidades	Resultados
1	23/08	Color aparente y Verdadero, café vicuña	HACH-8025	Unit. PT-co	223
1	24/08	Color aparente y Verdadero, azul marino	HACH-8025	Unit. PT-co	225
1	25/08	Color aparente y Verdadero, rojo bandera	HACH-8025	Unit. PT-co	224
1	26/08	Color aparente y Verdadero, confite	HACH-8025	Unit. PT-co	222
1	28/08	Color aparente y Verdadero, amarillo	HACH-8025	Unit. PT-co	223
1	31/08	Color aparente y Verdadero, azul royal	HACH-8025	Unit. PT-co	228

Fuente: elaboración propia (MAG2021) Métodos analíticos Normalizados APHA, AWWA Y WPCF

Gráfico 27. Color aparente Color verdadero



Fuente: Elaboración Propia (MAG2021)

El gráfico 27 muestra un color difícil de construir en el proceso de tricromías, azul royal, es un color que se debe trabajar con un azul brillante que muchas de las veces pueden ser inestable en compañía de otros colores como el rojo o amarillo, dependiendo de la tendencia que se requiera, el control de calidad en lecturas metaméricas pueden causar variaciones al momento de obtener un azul royal. En el gráfico se observa que el único color que tiene mayor contenido de presencia de moléculas de color, es el azul royal. Los resultados son alentadores en general en todos los colores observados, para plantear cambios en los procesos, generando ahorro en tiempo, ahorro económico.

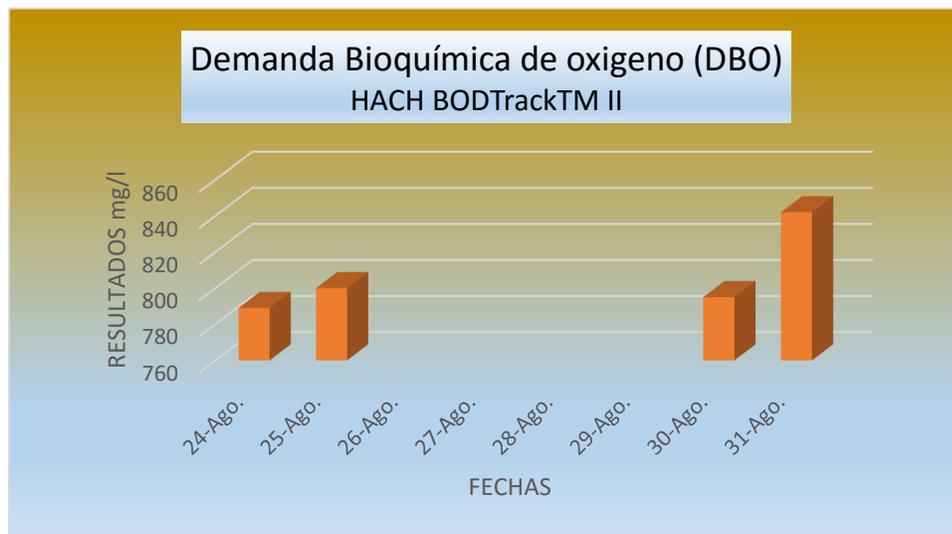
9.1.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Cuadro 29. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)

Número	Fecha	Parámetro	Método	Unidades	Resultados
1	24/08	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	789
1	25/08	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	800
1	30/08	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	795
1	31/08	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	842

Fuente: Elaboración propia (MAG2021)

Gráfico 28. Demanda Bioquímica de Oxígeno



Fuente: Elaboración Propia (MAG2021)

El gráfico 28 indica la cantidad de oxígeno (mg O₂/l) consumido en la reacción, como verificado es bajo la determinación del parámetro observado, esto permite plantear el uso de temperatura y agua en el siguiente proceso, que no siempre puede ser en la tintura, se sugiere el uso del agua en el pre tratamiento desde preparación para el teñido.

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

9.1.4. Parámetro de la DQO

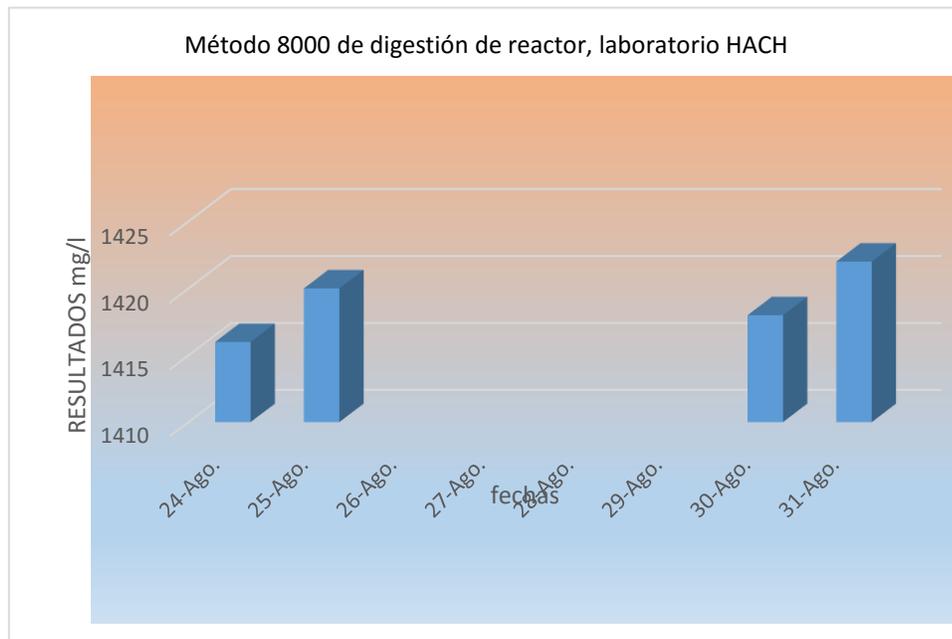
Cuadro 30. Demanda Química de oxígeno (DQO)

Método 8000 de digestión de reactor, laboratorio HACH

Número	Fecha	Parámetro	Método	Unidades	Resultados
1	24/08	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1416
1	25/08	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1420
1	30/08	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1418
1	31/08	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1422

Fuente: Elaboración propia (MAG2021)

Gráfico 29. Demanda Química de Oxígeno



Fuente: Elaboración Propia (MAG 2021)

El gráfico 29 se aproxima a los parámetros propuesto en la investigación. Este parámetro, aproxima al proyecto planteado en el entorno del ahorro, indica la posibilidad de reutilizar agua y no enviar tantos litros al desagüe, con pH ácido, la posibilidad de utilizar el agua es

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

factible en la empresa, permitiendo ahorro económico, mejor cuidado del agua dulce, permite el ahorro, utilizando en varias ocasiones el agua del efluente que tiene un costo por vertido 2.90 Bs/m³.

9.2. EFLUENTE DE TINTURA ILLAMPU TEXTIL

La empresa Illampu Textil, trabaja con relación de baño 1:20, excesivo, la maquinaria que se utiliza tiene 20 a 30 años, dos veces reacondicionado, por la empresa proveedora de maquinarias alemanas.

La empresa trabaja con agua de pozo, los efluentes son enviados al desagüe sin hacer tratamiento de ninguna clase, la temperatura de evacuación es de 78°C. Fuera de norma de reglamentación de efluentes (Ley 1333)

Con menos cantidad de enjuagues, su procesamiento con relación a los insumos es más controlado, lo que si es necesario hacer es el tratamiento de efluentes.

9.2.1. Parámetros Medidos en Illampu Textil

Cuadro 31. Estudio del potencial de hidrogeno pH ILLAMPU TEXTIL

N	COLOR	fecha	pH _i	PH _p	pH _f	pH _p	pH _{pf} .
1	COLOR CONFITE	02/09	4.5	3.9	3.9	4.0	4.5
2	COLOR AZUL ROYAL	03/09	4.5	4.4	4.4	4.5	4.1
3	COLOR ROJO SANGRE	04/09	4.1	4.2	3.8	4.5	4.5
4	COLOR ZUL MARINO	06/09	4.5	4.6	4.2	4.4	4.5
5	COLOR NEGRO	07/09	4.5	4.5	4.4	4.1	4.0
6	COLOR MORADO	08/09	4.5	4.5	4.4	4.3	4.4
7	COLOR VERDE LORO	09/09	4.5	4.1	4.3	4.5	4.3
8	COLOR AMARILLO FLAVINA	10/09	4.3	4.4	4.5	4.1	4,5

Fuente: Elaboración Propia (MAG 2021)

PH_i = inicial de tintura

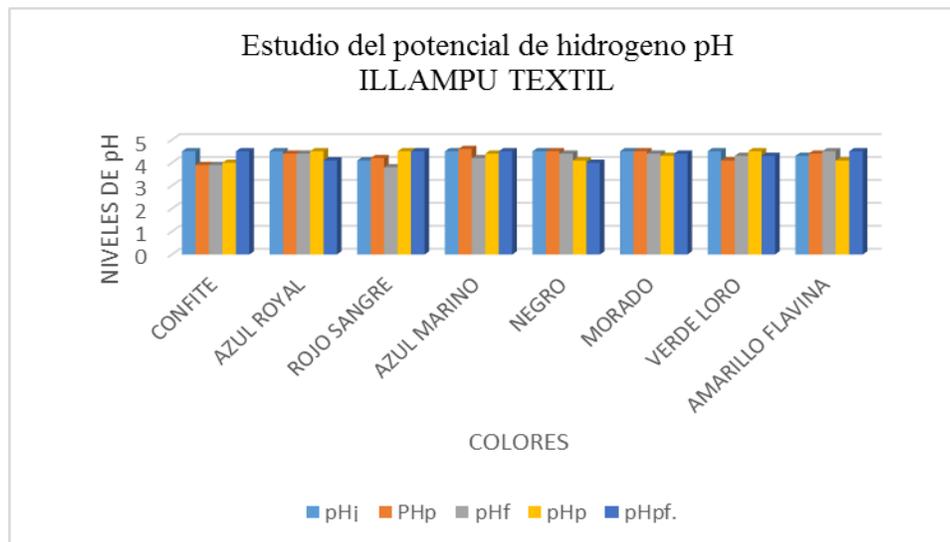
pH_p = tomado en mitad del proceso de tintura

pH_f = final de tintura

pHp. = Inicial de tintura sugerida P+L

PHpf. = Final de tintura sugerido P+L

Gráfico 30. Potencial de Hidrogeno



Fuente: Elaboración Propia (MAG2021)

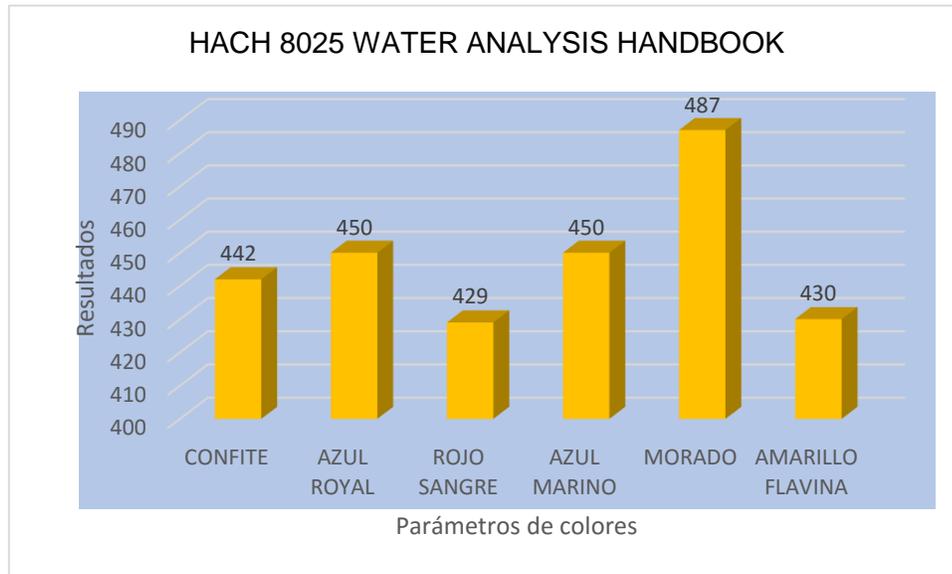
Cuadro 32. Muestras tomadas de los efluentes (IILAMPU TEXTIL)

Numero	Fecha	Parámetro	Método	Unidades	Resultados
1	02/09	Color aparente y Verdadero, Confite	HACH-8025	Unit. PT-co	442
1	03/09	Color aparente y Verdadero, Azul Royal	HACH-8025	Unit. PT-co	450
1	04/09	Color aparente y Verdadero, Rojo Sangre	HACH-8025	Unit. PT-co	429
1	06/09	Color aparente y Verdadero, Azul Marino	HACH-8025	Unit. PT-co	450
1	07/09	Color aparente y Verdadero, Morado	HACH-8025	Unit. PT-co	487
1	08/09	Color aparente y Verdadero, Amarillo Flavina	HACH-8025	Unit. PT-co	430

Fuente: elaboración propia (MAG2021) Métodos analíticos Normalizados APHA, AWWA Y WPCF

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

Gráfico 31. Potencial de Hidrogeno



Fuente: Elaboración Propia (MAG2021)

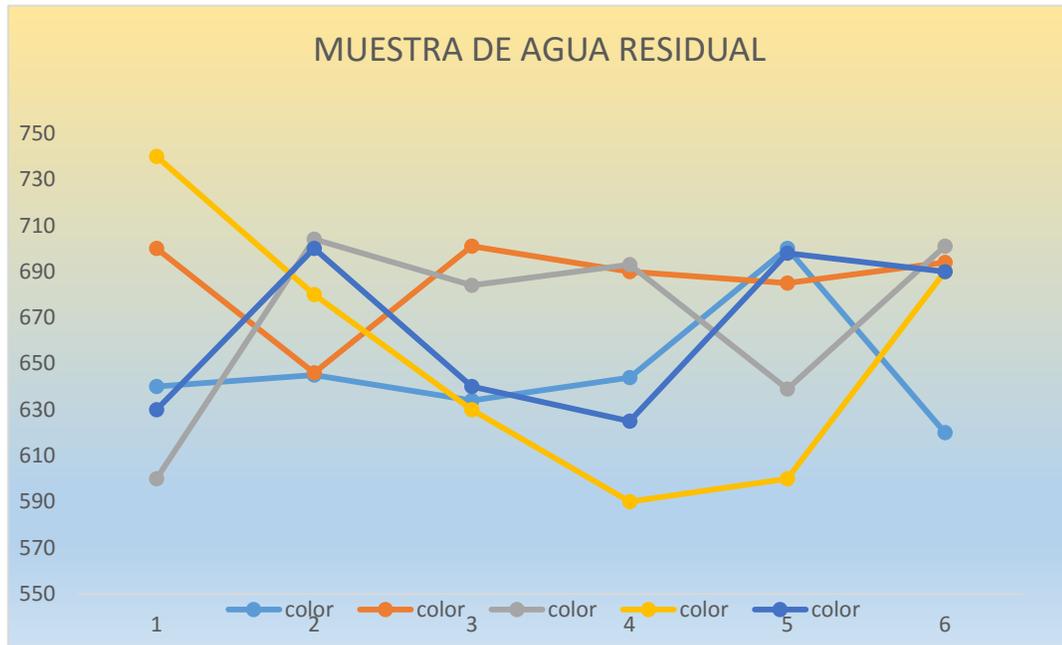
Cuadro 33. Muestras agua residual (Illampu Textil)

Después del teñido catiónico antes de los enjuagues y suavizado

DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	>1500	>1400	> 1800	>1900	>1500
Longitud de onda (nm)	color	color	color	color	color
	640	700	600	740	630
	645	646	704	680	700
	634	701	684	630	640
	644	690	693	590	625
	700	685	639	600	698
	620	694	701	690	690

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Gráfico 32. Muestra de agua residual



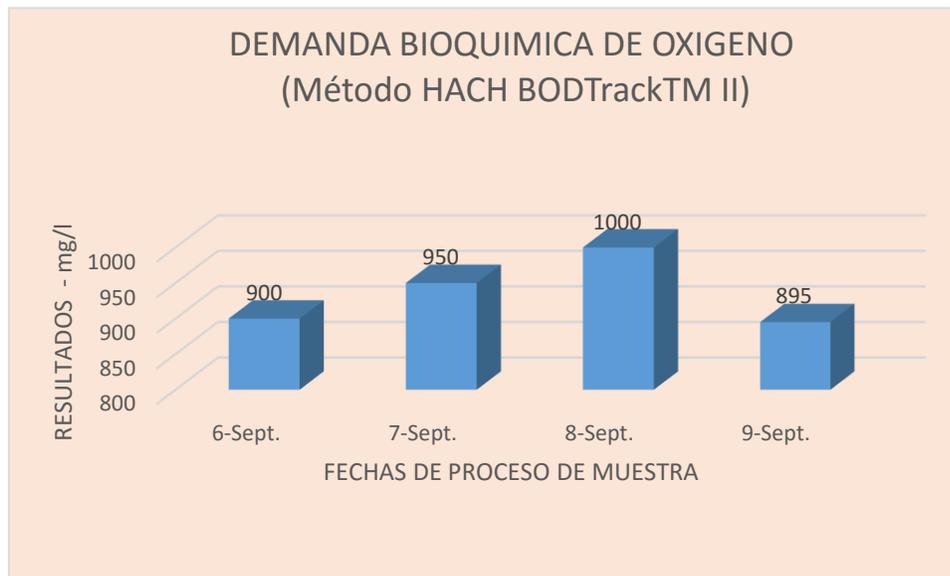
Fuente: Elaboración Propia (MAG2021)

Cuadro 34. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)

Número	Fecha	Parámetro	Método	Unidades	Resultados
1	06/09	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	900
1	07/09	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	950
1	08/08	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	1000
1	09/09	Demanda Bioquímica de oxígeno	HACH BODTrackTM II	mg/l	895

Fuente: Elaboración propia (MAG2021)

Gráfico 33. Demanda Bioquímica de oxígeno



Fuente: Elaboración Propio (MAG2021)

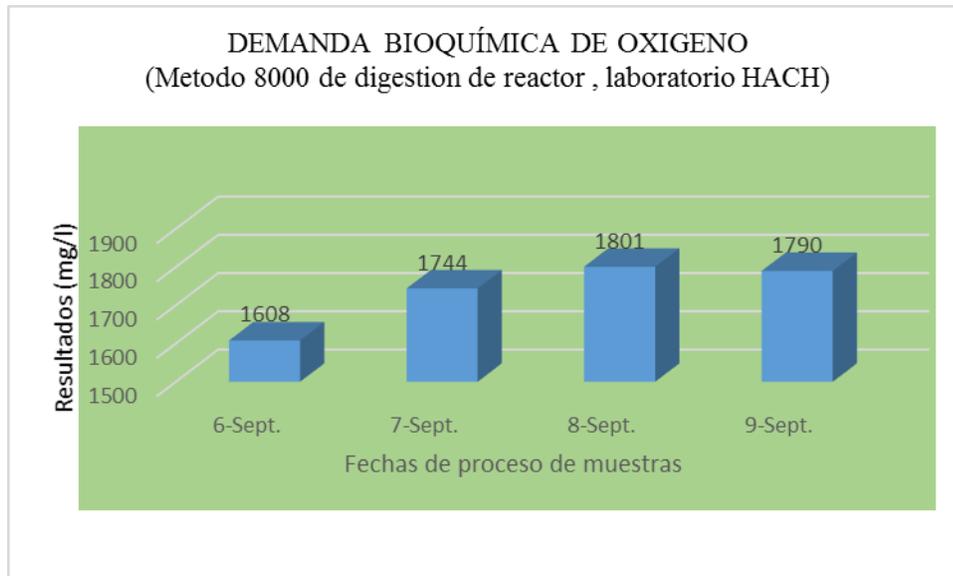
Cuadro 35. Demanda Química de oxígeno (DQO)

Método 8000 de digestión de reactor, laboratorio HACH

Numero	Fecha	Parámetro	Método	Unidades	Resultados
1	06/09	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1608
1	07/09	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1744
1	08/09	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1801
1	09/09	Demanda Química de oxígeno	HACH 8000	mg/l	1790

Fuente: Elaboración Propia (MAG2021)

Gráfico 34. Demanda Bioquímica de Oxígeno



Fuente: Elaboración Propia (MAG2021)

9.3. DETERMINACIÓN DE ACCIONES A TOMAR

DETERMINACIONES DE ACCIONES A TOMAR PARA LA FORMULACIÓN DE PRODUCCION MÁS LIMPIA PARA LAS DOS EMPRESAS OBJETO DE ESTUDIO

Procedimiento experimental en laboratorio

En laboratorio, se hace un escogido de colorantes catiónicos para su posterior teñido, descritos en la siguiente tabla en base a la revisión de fichas técnicas de cada colorante:

	COLORANTES UTILIZADOS PARA TEÑIR					
Colorantes catiónicos	Amarillo 28	Rojo 18	Rojo 46	Rojo 14	Azul 41	Azul 3

- En laboratorio se realizará la modificación de distintos procesos para un similar tono de planta textil.
- Pesquisa en planta textil de teñido catiónico y tonos más procesado y con más problemas de acabado final en borra, hilo y madeja.

- La utilización de distintos ácidos para el pH de 4 – 4,5 (Ácido oxálico, Acético y Ácido Fórmico) que permitirá mejorar el rendimiento del proceso y el residuo del efluente de tintura.
- Posteriormente para la tintura en laboratorio se simula el teñido de colores medianos e intensos, modificando el uso de ácido para el pH requerido en el proceso de tintura de fibra de acrílico 100%. El resultado será evaluado desde el pH inicial, intermedio y final, se considera el mejor rendimiento y el mejor efluente con un pH aproximado al neutro (7)
- Las pruebas de laboratorio se realizarán, en:
Material: hilo de acrílico 5,00 gr.
Colorantes: tricromía (amarillo, rojo y azul)
Solución de colorante para laboratorio: 1gr.Col/ 100 ml. agua
Retardante de tintura: 0,5 a 1,0% (dependencia del porcentaje de colorante)
R. Baño: 1: 8 - 1: 10 - 1:15
Temperatura de tintura: 100, 103, 105 °C.
Laboratorio de pruebas y tintura: ABC Textil.
Máquina laboratorio: Maquina de tintura de sistema cerrado de 24 exposiciones.
Curva de teñido: Por agotamiento en sistema cerrado (all in)

De acuerdo a las primeras visitas realizadas a las dos empresas motivo de estudio se comprobó curvas de proceso con el que trabajan en el momento, algunas están cerca a los estándares recomendados por las empresas proveedoras de insumos textiles pero hay algunas que están ocasionando tardanza en el proceso, otras la relación de baño no es el adecuado. Es así que se trabajaran los parámetros recomendados en laboratorio.

A partir de la identificación de insumos químicos en el baño de tintura, se podrá ver la calidad de agua que resulta del proceso de tintura, para dirigir su consumo en otros procesos textiles.

Séptima etapa: Se elabora la propuesta de adecuación de los procesos analizados al planteamiento de la Producción Más Limpia

Con el objeto de generar un proceso de mayor eficiencia en tintura por lo tanto menor consumo de agua, mejorar el valor DBO en agua residual, mayor eficiencia, colorantes

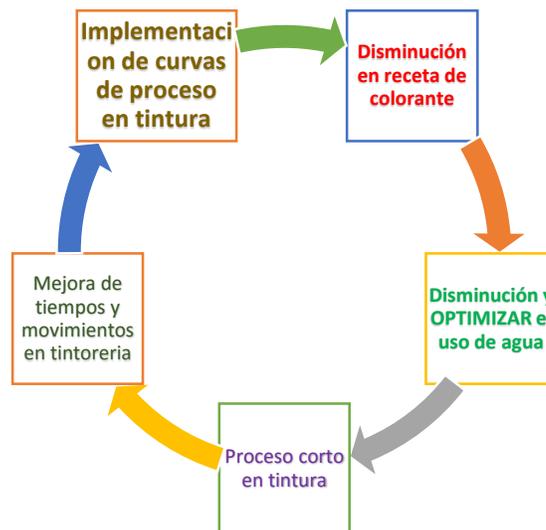
***PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ***

capaces de reaccionar hasta un 95% y por lo tanto menor uso de sustancias químicas, la metodología se regirá en las siguientes etapas:

- a) Evaluación del proceso de teñido acrílico, revisión de documentación en base a procesos de teñido, uso de retardante para el teñido acrílico, lo que permitirá mejor rendimiento del tono y eficiencia de agotamiento en el teñido.
- b) En el lavado durante la preparación de la fibra de acrílico usar enzimas para acortar el proceso (preparación del hilo de acrílico).
- c) Lavar con presión y en contra corriente, (medios mecánicos para crear turbulencia)
- d) Una de las estrategias importantes a implementar es la información, para el conocimiento de todos los actores en referencia a buenas prácticas para el manejo de procedimiento acrílico.
- e) Selección de la opción más económica y viable en los procesos de teñido acrílico e identificación de procesos inadecuados en tintorería.

Identificación de pérdidas y derrames de agua y producto en un proceso estándar usado por ABC TEXTIL, en agotamiento de pintura acrílica.

Gráfico 35. Esquema de procedimiento de alternativas

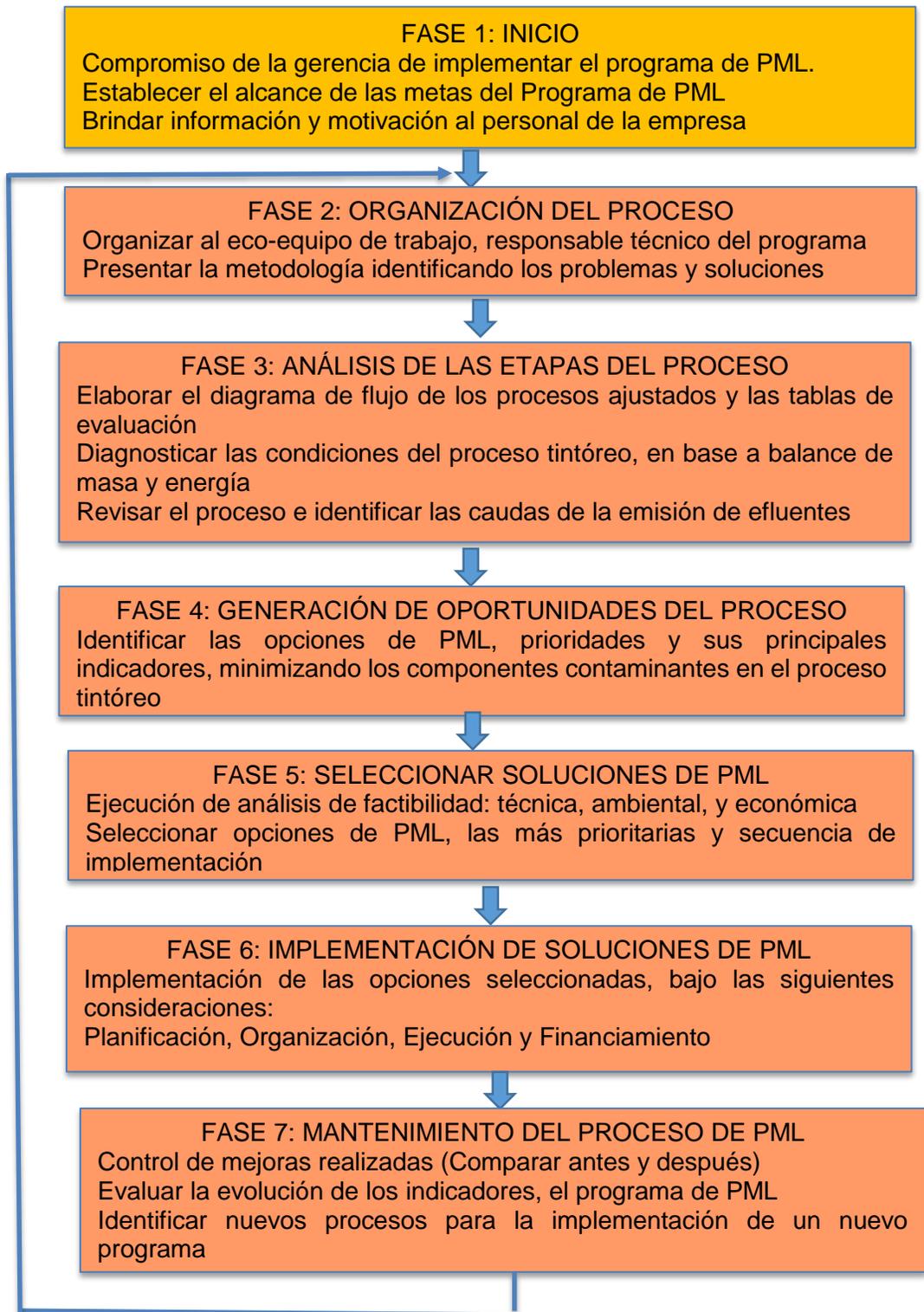


Fuente: Construcción propia (MAG2021)

ABC Textil, puede y debe reutilizar sus efluentes, cuenta con un depósito de cuatro cargas simultáneas de litros de agua residual, de los procesos que trabaja con fibra acrílica.

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRÍLICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

ESQUEMATIZACIÓN DE LAS FASES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PML



ESQUEMATIZACIÓN DE LAS FASES PARA LA IMPLEMENTACION DE PML

- ✓ En el esquema se plantea la disminución de consumo agua en enjuagues y por lo tanto se ahorra en insumos y energía que se utiliza, es inmisario tres enjuagues después del teñido, este proceso durante la tintura tiene rendimientos altos en la construcción del color, existe un 95% de rendimiento del colorante.
- ✓ En el análisis de color aparente y color verdadero se observa la poca presencia de moléculas de color, este parámetro nos permite plantear el ahorro de agua.
- ✓ En el caso del efluente, reduce significativamente por la relación de baño utilizada e insumos de lavado que utiliza.

FASE 1: INICIO

La industria textil Bolivia como en gran parte del planeta, en el momento está convocada a viabilizar mejores métodos de producción, minimización del impacto ambiental este se considera una estrategia gerencial tendiente a reducir el volumen y la carga contaminante. La producción textil con un programa de Producción Más Limpia en el proceso de tintura de fibra acrílica, requiere la planificación, programación y toma de un conjunto medidas que deben ser organizadas desde la gerencia en el que los participantes de la producción de los diferentes sectores del conjunto de la producción deben conocer y desarrollar su trabajo en su determinado campo de acción, tomando en cuenta esta estrategia.

FASE 2: ORGANIZACIÓN DEL PROCESO

El proceso debe ser desarrollado con el programa y desafíos propuestos de forma ordenada un avance a la vez, tomando en cuenta las acciones paulatinas a desarrollar. Uno de los componentes más importantes es una evaluación creíble y verdadera de la empresa

- Efectivizar y contar con el programa.
- Obtener un diagnostico verdadero de la empresa.
- Desarrollo de las operaciones unitarias, colectivizar y estudiar.
- Evaluación de la posibilidad técnica de poner en práctica el programa de P+L
- Finalmente, la implementación, el seguimiento y una evaluación de los avances y resultados.

FASE 3: ANÁLISIS DE LAS ETAPAS DEL PROCESO

La elaboración de los diagramas por etapas es un aspecto importante para el desempeño del programa.

Los procesos de tintura deben ser ajustados a la relación de baño, efectiva y recomendada por los laboratorios de estudio de los procesos como ALADI (Basilea Suiza) El avance en tecnología y proceso son lo más que se aporta en los últimos tiempos desde el año 2000 en la industria textil. La industria boliviana recibe apoyo tecnológico a través de la adquisición de maquinaria textil e insumos de tintura para las diferentes fibras.

Las etapas del proceso húmedo es un aspecto importante para el buen desarrollo de un producto final, lo que se plantea ahora es junto con la calidad del producto, descontaminar los efluentes.

FASE 4: GENERACIÓN DE OPORTUNIDADES DEL PROCESO

El programa de Producción Más Limpia en la tintura de fibra acrílica, plantea y centra su actividad en el uso de agua, uno de los elementos más importantes es la relación de baño, este un aspecto importante en el proceso de tintura porque es un elemento disolutor y transporte de las reacciones húmedas.

En este aspecto medular está el planteamiento y efectividad del programa, cuánto menos agua se utilice para el proceso, manteniendo la calidad y reproducibilidad del color, menos afluente que tratar y más ahorro en nuevos procesos.

Otro aspecto tan importante como el primero, es el reusó de los baños de tintura junto al uso de insumos que quedan en los baños de tintura.

FASE 5: SELECCIONAR SOLUCIONES DE PML

La secuencia de implementación debe ser consensuada desde la gerencia hasta el personal de control de calidad y debe ser desde el monitoreo de consumo y un plan de ahorro con la disminución de etapas de enjuague y acortar la relación de baño, esto permitirá la preservación de los recursos naturales.

La determinación del volumen de baño permitirá eliminar la sobre dosificación en el baño total, lo que conduce al cálculo de insumos químicos y auxiliares de teñido real, para tener mejores resultados en el teñido, reducción de los efluentes contaminados, reducción de agua y energía, la optimización en el aprovechamiento de materias primas, cambio en los

auxiliares que son efectivos en el proceso de tintura como los retardadores de reacción química en el teñido.

FASE 6: IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES DE PML

Planificación: El fortalecimiento de PML en todos los procesos de tintorería sería una de las primeras tareas a planificar, lo que debe conllevar a mejoras en la producción y disminuir los efluentes con cargas tóxicas.

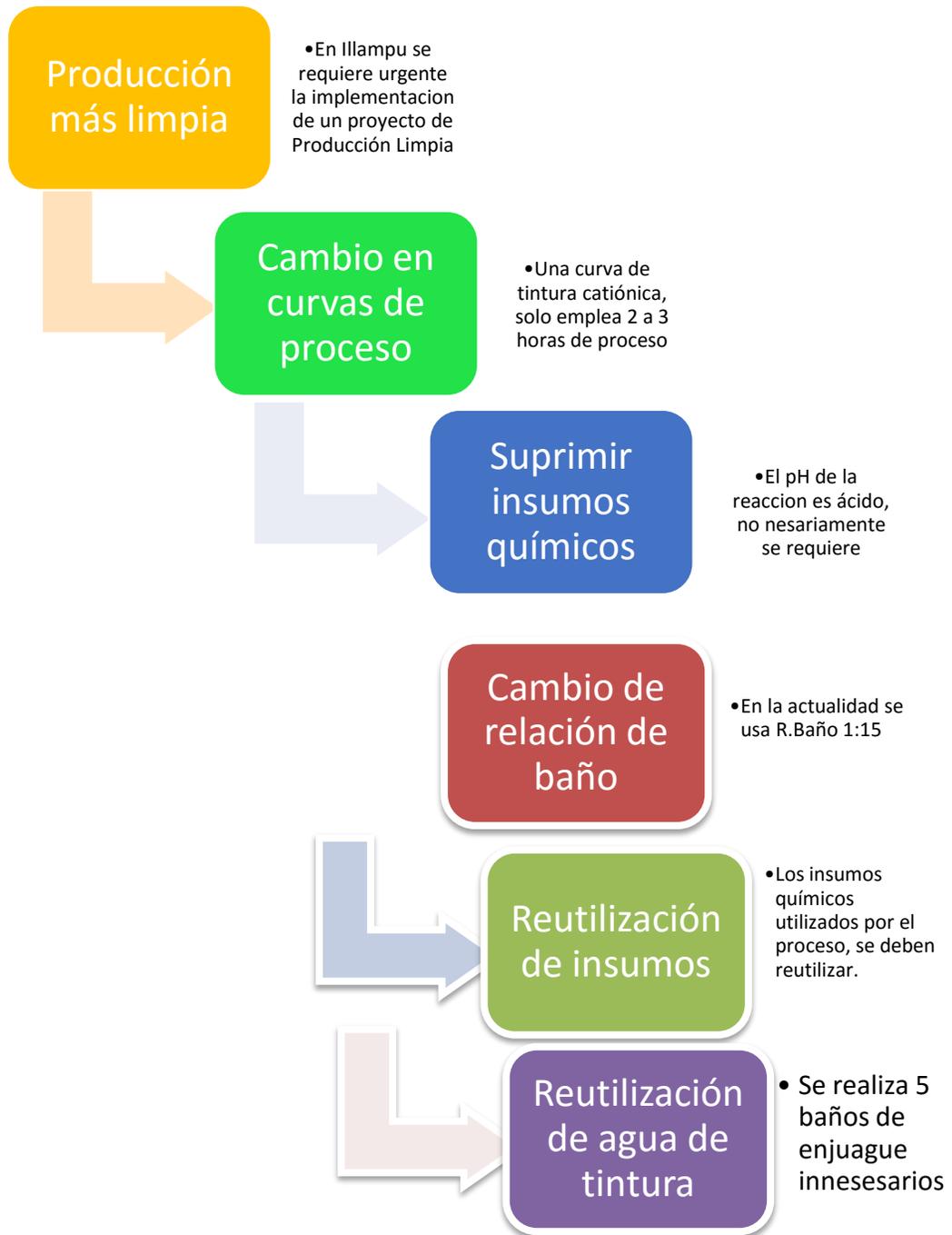
Organización: de este aspecto depende el éxito de lo propuesto con un programa de producción más limpia, el personal debe conocer y dominar cuando y en qué momento se debe cambiar los procedimientos antiguos por la propuesta, preparara al personal en este objetivo.

Ejecución y financiamiento: la ejecución debe ser iniciado en primer lugar en la etapa de tintura por ser el momento de más contaminación, con el ingreso de colorante, auxiliares de tintura e insumos químicos, el ahorro en costo de agua y disminución de uso de energía, será el punto de inicio del financiamiento del programa de producción más limpia en la tintura de fibra acrílica.

Para saber el avance de la implementación de programa de producción más limpia, se debe evaluar los cambios, los avances en términos técnicos, evaluar los costos, evaluar los efluentes finales, evaluar el producto final con PML y sin él, hacer comparaciones un antes y un después. Finalmente se debe ver los costos que se emplean en la implementación del programa y los rendimientos finales.

Aplicar un sistema de reciclaje o reusó de las aguas residuales de tintura.

Gráfico 36. Mapa de procesos - ILLAMPU TEXTIL



Fuente: Elaboración propia (2021)

FLUJO DE PROCESO DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA - ABC TEXTIL

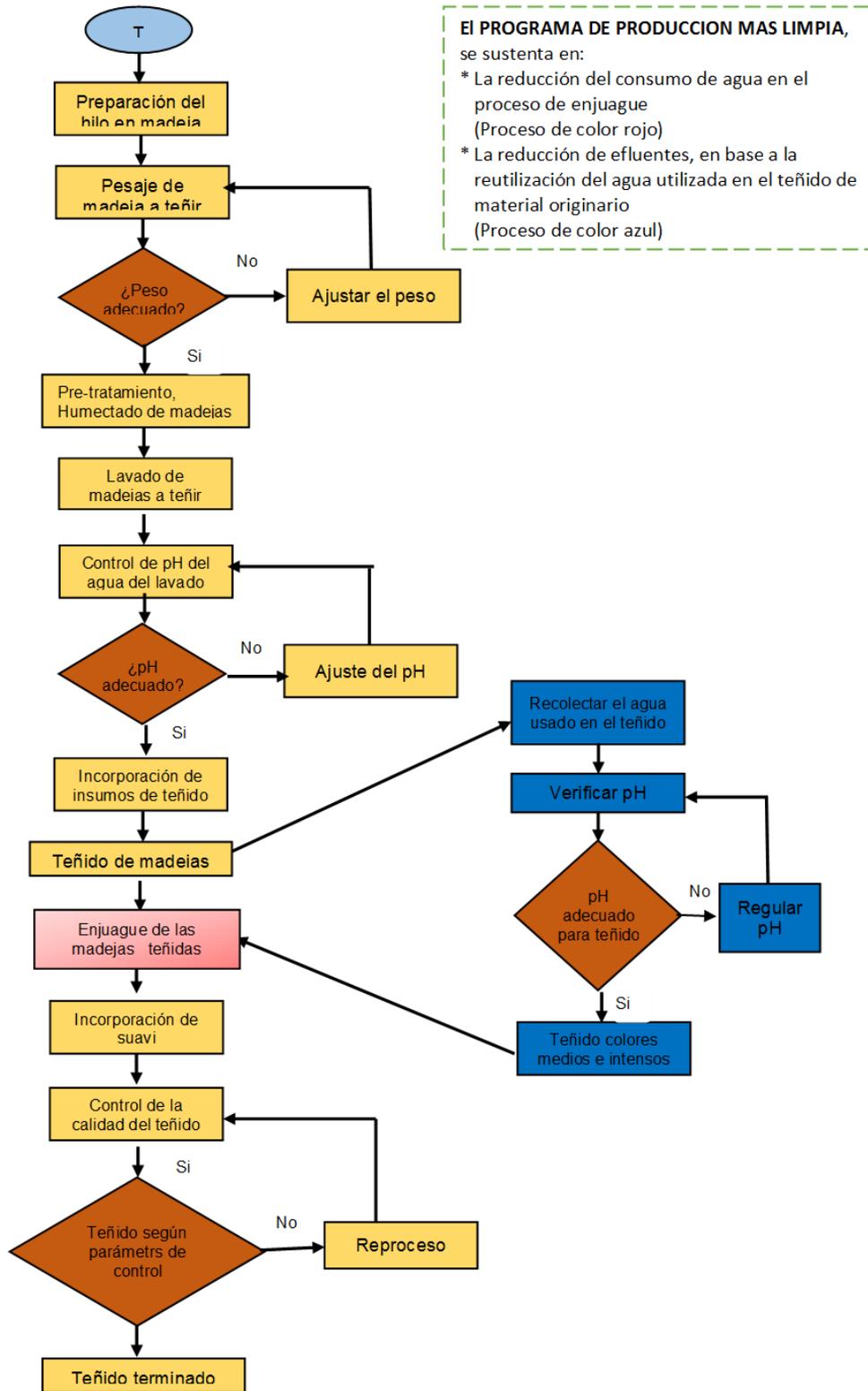
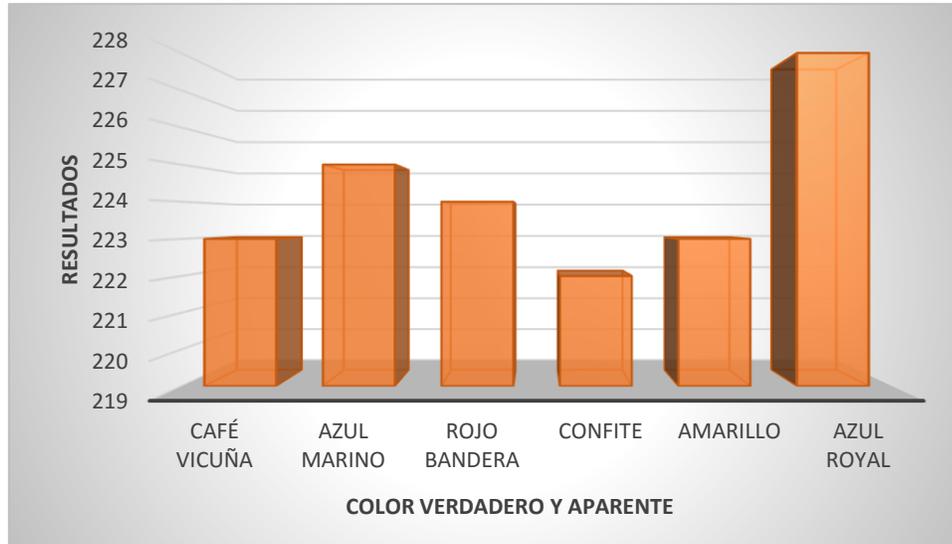


Gráfico 37. Muestras de agua residual después del teñido catiónico antes de los enjuagues, y suavizado



Fuente: Elaboración propia (2021)

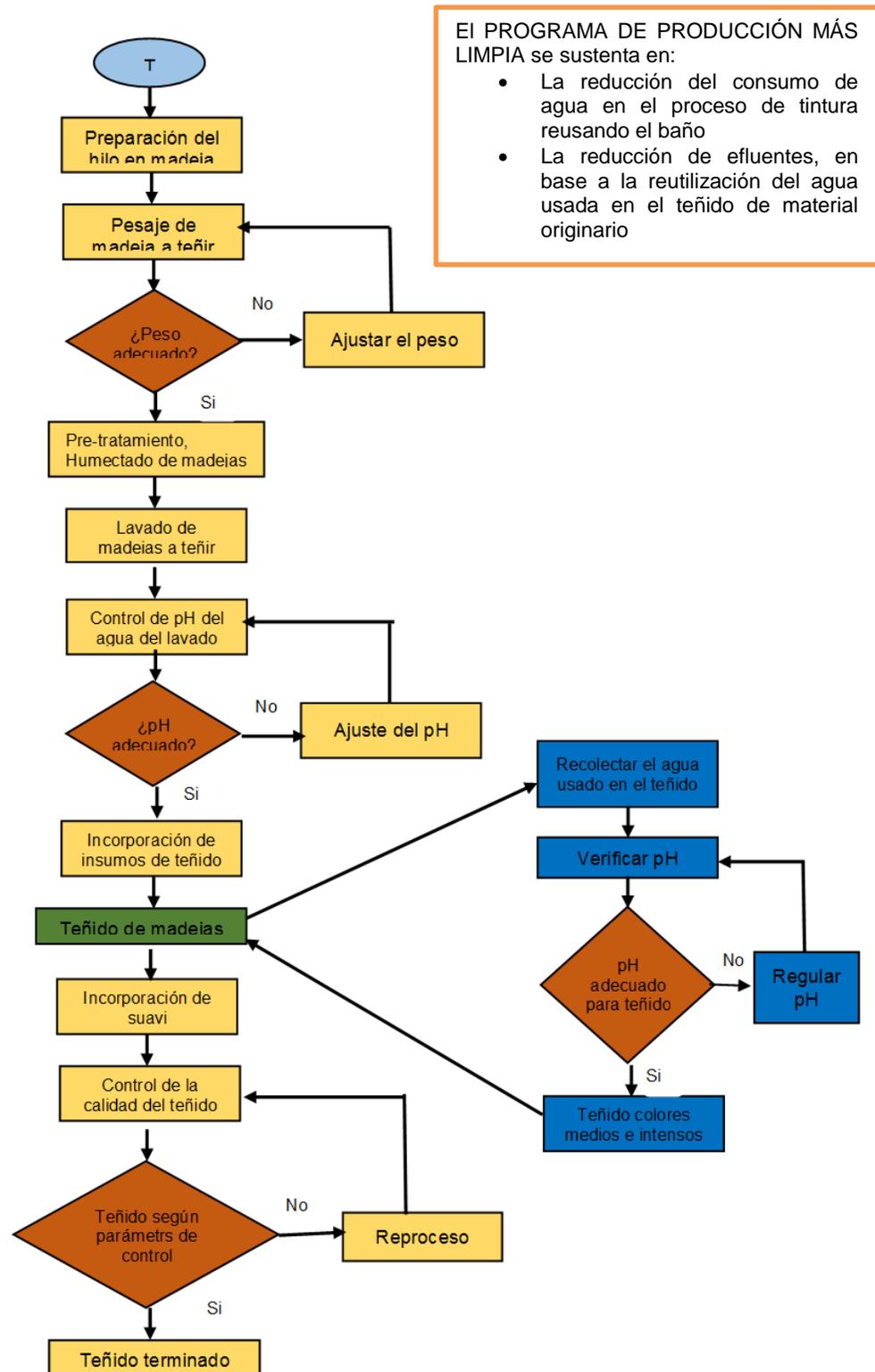
Para la implementación se plantea dentro del flujograma de proceso de tintura de fibra acrílica la disminución del uso de enjuagues.

ABC Textil

El reusó del baño de tintura para un nuevo proceso pasando por el ajuste de pH, para iniciar el proceso de tintura, este permitirá ahorro importante de litros de agua dulce, que nos permite mejor uso para el ser humano, desde este punto de vista la descontaminación de efluentes es un aporte a la producción más limpia en el proceso de tintura de fibra acrílica.

- Disminuir el consumo de agua en enjuagues
- Determinar presencia de color en el baño final de tintura, midiendo a través de parámetros de análisis de color verdadero
- Control de pH en reusó del baño final
- Cuantificar la cantidad de agua a ser re-utilizada, próxima tintura.

FLUJO DE PROCESO DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA - ILLAMPU TEXTIL



El PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA se sustenta en:

- La reducción del consumo de agua en el proceso de tintura reusando el baño
- La reducción de efluentes, en base a la reutilización del agua usada en el teñido de material originario

Illampu Textil

El estudio plantea la disminución de consumo de agua e insumos químicos en el reusó de la relación de baño final después de finalizado el teñido, para esto se determinó la concentración de colorante en el baño final y la cantidad de agua a ser reutilizado.

Para la implantación se requiere regular el pH, hacer mantenimiento de equipo de tintura y buenas prácticas operacionales.

- Medir la Relación de baño real, a través del caudal de agua de entrada.
- Determinar parámetros de presencia de color en baño (Color aparente y color verdadero)
- Elaboración de una curva de proceso adecuado, de alto rendimiento.
- Control de tiempo de agotamiento de solución de colorante.

Gráfico 38. Costo de agua/tonelada de Acrílico, Illampu Textil

Por tonelada de fibra acrílica desde el pre-tratamiento hasta el acabado

<i>Formula de trabajo</i>	
Costo de agua 2.90 Bs/m ³	===== 1000 lt H ₂ O
1 kg acrílica procesado	===== 40 lt H ₂ O = Bs. 0.116
1000 kg acrílico * 40 lt	===== 40.000 lts
40 m ³ * 2.9 Bs/ m ³ = Bs 116	

CAPÍTULO X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. CONCLUSIONES GENERALES

A partir de los objetivos específicos se plantea las siguientes conclusiones:

- El estado de los procesos en la empresa **ABC Textil**, muestra una capacidad productiva en acrílico y poliéster, los procesos de tintura que se emplea son estándar, dedicada a la producción de telas y un sector muy bien diseñado de bordado de telas. Su proceso inicia en el tejido de los diferentes tipos de hilos y acabado, la empresa realiza sus procesos con tecnología alemana (Maquina de tintura THIES), esta tecnología avanzado en relaciones de baño corto, en la empresa se sigue utilizando relaciones de baño antigua, hay un desconocimiento de uso de la tecnología Thies, por lo que son grandes consumidores de agua, generadores de efluente voluminosos y complejos, con carga orgánica, demostrado en las cifras de análisis químico.

En el caso de **Illampu Textil**, la empresa trabaja con maquinaria de tintura de tecnología antigua, esta entre 20 a 30 años de vida, hace 10 años fueron reacondicionadas las máquinas de tintura, para darle unos años más de vida, hoy trabajan en dos turnos tres cargas día, de la misma manera, los procesos de tintura son grandes consumidoras de agua, generan efluentes voluminosos y contaminados.

- Los efluentes tintóreos para **ABC Textil**, fueron analizados desde la finalización del proceso de teñido, al finalizar se toma muestras los que son analizados in situ, por ejemplo pH 4 y temperatura 70 a 80 °C, este es evacuado en esa temperatura, no se hace ningún tratamiento de efluentes, la empresa cuenta con depósitos de residuos líquidos, que no lo utiliza en el momento, en el pasado lo utilizaban para hacer el depósito de todos los procesos desde el lavado, neutralizado, tintura, neutralizado, acabado, haciendo solo una estadía de 24 horas para posteriormente ser evacuado al desagüe. en el caso de la determinación de parámetros de contaminantes se verifico presencia de sólidos en suspensión, presencia de fenoles y ácidos, temperatura de evacuación elevado entre 70 a 80 °C.

La empresa **Illampu Textil**, procesa 100% acrílico, sus 400 toneladas mes, vende en el mercado paceño y parte de ello en Oruro y Potosí. La característica similar de ambas empresas es el mismo proceso y los mismos colorantes catiónicos, el pH es ácido 4, la temperatura de evacuación es de 80°C, los contaminantes son apreciables en esta empresa, solo tienen un enjuague, y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es 40% más elevada en comparación de ABC textil. La contaminación se puede evidenciar al momento de la toma de pH 4.00 con una temperatura de evacuación de 80°C, presencia de sólidos en suspensión mayor a 1500 mg/l, color aparente color verdadero Unit. PT-co 442, presencia de moléculas de color, presencia de ácidos en la solución final de teñido, un efluente que debe ser reutilizado por sus componentes ácidos necesario para el teñido, pero muy nocivo para los seres vivos. En las aguas residuales hay presencia de fenoles.

- La Producción Más Limpia es una herramienta eficaz en las empresas grandes, medianas, pequeñas y artesanales, brinda una alternativa de optimización en los procesos, con visión de ahorro y retorno de ingresos para las empresas. Esta investigación se ha orientado en el uso correcto del agua, en la empresa ABC Textil, se recomienda la disminución de tres enjuagues, los que son innecesarios en el proceso de acabado, por el agotamiento del colorante que está entre el 90 a 98%. Illampu textil, no tiene esos tres enjuagues en el procedimiento de acabado, por lo tanto hay un ahorro considerable de agua y costo entre un 49 % de ahorro de agua. Este es uno de los factores claves para obtener impactos económicos y ambientales, otro de los factores de Illampu textil, es la elevada relación de baño 1:20, se debe disminuir esta relación, con esta estrategia se disminuye los efluentes, además del manejo eficiente de las materias primas e insumos en el proceso de tintura.
- Con la implementación del programa se logrará optimizar el proceso de teñido de hilo y madeja de fibra de acrílico.
- En referencia a la pregunta de la formulación del problema, se concluye que la empresa ABC TEXTIL, emplea tres enjuagues en el final del proceso de tintura innecesarios, en esta etapa se ahorra 6000 mil litros de agua evitando los tres

enjuagues, este ahorro es efectivo en términos económicos y cuidado del uso excesivo de agua.

- La misma pregunta para ILLAMPU TEXTIL, en este caso, la empresa no tiene en su proceso los tres enjuagues adicionales, pero tiene una relación de baño elevada por tecnología antigua, solo se puede mejorar con el cambio de tecnología, no es posible disminuir esta relación de baño pero si se puede reutilizar los baños de tintura. El agotamiento del colorante catiónico en el proceso de tintura es de 90 %, esta reacción en el proceso es el elemento que conduce a plantear el reusó del baño de tintura, junto a los insumos residuales que quedan en los baños de tintura, retardante y ácido fórmico o ácido acético.

10.1.1. Alternativas de mejoramiento

Propuesta de alternativas de mejoramiento incorporando la Producción Más Limpia en el teñido de fibra acrílica en las dos empresas, ABC TEXTIL e ILLAMPU TEXTIL-

Alternativa 1: Disminuir la relación de baño a 1:10 real, para el cálculo de productos eficiente dentro del proceso de tintura por agotamiento.

Alternativa 2: Disminuir los porcentajes de insumos químicos y auxiliares, el que permite tener mayor eficacia en el proceso con referencia a la relación de baño, cálculos reales, lo que se observó en el trabajo de campo, es el uso de insumos sin medir lo necesario por color.

Alternativa 3: Implementar curvas de procesos estándar, los que no llevan tanto tiempo de circulación durante el agotamiento de teñido. En esta alternativa, se encontró un ahorro de tiempo importante entre 30 y 40 % de tiempo menos en el proceso.

Alternativa 4: Es necesario implementar un medidor de flujo para la máquina de tintura (ropero alemán) de la empresa ILLAMPU TEXTIL, no se puede saber cuánto realmente se requiere utilizar en una relación de baño, la maquina es antigua y tiene dificultad para medir el caudal de agua.

Alternativa 5: Disminuir los enjuagues en ABC TEXTIL, no es necesario tantos enjuagues, el colorante agota hasta 90 % y más, tomando en cuentan que la empresa cuenta con colorantes con factor (f).

Por todas estas consideraciones y en el desafío de incorporar el proyecto de Producción Más Limpia es necesario realizar lo siguiente:

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

- ✚ Capacitación de los trabajadores desde los mandos medios hasta los obreros de planta de tintorería, para implementar las curvas eficientes de proceso y lectura de equipos, la planta cuenta con caja de luces y no hacen lecturas o máquinas de última generación que se fabricó para el uso de baja relación de baño, pero se desconoce este aspecto de suma importancia.
- ✚ Comprar un kit de lectura rápida, para determinar la presencia de pH ácido, para la adición de porcentaje necesario para el reusó de los baños.
- ✚ Revisión de porcentajes residual de insumos químicos (ácido fórmico, retardante de tintura)

10.1.2. Illampu Textil

Nombre de estudio: Disminución de consumo de agua, ácido y retardante de tintura, por reusó de baño de tintura de acrílico.

10.1.2.1. *Situación actual*

El proceso de tintura de hilo de acrílico de tonos claros y medios se realiza a una temperatura de 102 a 104°C durante 3 horas, durante el inicio se dosifica el ácido fórmico para regular el pH y retardante de tintura, una vez que termina el proceso de tintura, el baño se desecha.

El baño que se desecha contiene colorante catiónico, ácido y retardante que no ha sido agotado, durante el proceso de tintura, por esta razón el planteamiento de reutilización, el baño y las sustancias que se encuentran en el baño.

Aquí se identifica oportunidades de producción más limpia, concerniente a la disminución de agua, ácido y retardante mediante la reutilización de baño.

10.2. RECOMENDACIONES

- Los costos de teñido pueden reducirse, cambiando la relación de baño, cambiando y controlando los tiempos de proceso en curvas de teñido, mejorar auxiliares dirigidos a la eficiencia, la tecnología avanza en la industria textil, hay productos más indicados para determinados procesos,

la auditoria de procesos debe encontrar en las diferentes empresas esos puntos muertos.

- Acortar el tiempo de proceso, utilizar menos enjuagues en ABC TEXTIL, ILLAMPU TEXTIL, debe procesar los efluentes, es más contaminado sus vertidos, es importante controlar la temperatura de evacuación de los efluentes, la recomendación es de 30 a 40 °C .
- Si nos concentramos en el ahorro de agua y energía acortaremos el tiempo del proceso. Se debe mirar el ahorro de energía, con el acortamiento de enjuagues y tiempo de circulación en tintura.
- También es importante reconocer que no solo el alto costo de energía es importante si no la posible falta de agua y energía en el tiempo. La Paz ha experimentado una dramática época de falta de agua.
- Desde hace algunos años el avance de la técnica y el estudio de nuevos productos está dirigido a ahorrar e implementar nuevos procesos junto a nuevos productos y más eficientes, de alto rendimiento que suba al género y no quede en el baño residual, para evitar contaminación de los efluentes.
- Observemos en recomendaciones, como podemos acortar el tiempo en los procesos. Un proceso típico de teñido catiónico consiste de los siguientes pasos:
 1. Humectación y pre-lavado
 2. Teñido
 3. Enfriamiento y enjuague
 4. Baño de suavizado y acabado

Este proceso por lo general toma 1 a 2 horas, si excluimos el tiempo en llenado y descarga del equipo.

Asumiendo que cada paso toma más o menos el mismo tiempo, la eliminación de dos de ellos como enjuagues, en el primer caso analizado, equivaldría a un ahorro de energía de 25% aproximadamente en el proceso final.

Dos o tres pasos pueden ser combinados para ahorrar tiempo, por ejemplo, las curvas de procesos de las empresas son muy largas en uso de tiempo, hay algunas posibilidades,
**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

pero todas requieren de la implementación de Producción Más Limpia, y una cuidadosa, selección de productos químicos para obtener ventajas.

BIBLIOGRAFIA

- Celeste Ospina Rendón (2006) "Oportunidades de Producción Más Limpia en Tintorería del Sector de Textil" Universidad Tecnológica de Pereira Colombia.
- A. Romero, "Tratamiento de Aguas Residuales", Colombia 2002
- Ley 1333 de Medio Ambiente 1992, CAPÍTULO de Reglamentación de Contaminación Hídrica.
- Hernández Sampieri, 1998, Diseños experimentales
- López de Uralde, J. (2006) Moda sin tóxicos, Greenpeace.
- -Martínez A. Ramírez, C. Rosas, J., Olivares, C., Lozada, J., & Villagómez, J. (2011) Decoloración de aguas residuales provenientes de la industria textil. Avances en impacto, tecnología y toxicología ambiental.
- Ley N° 1333, del 27 de abril de 1992, Ley del Medio Ambiente
- -CPE Bolivia, Las personas tienen derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado.
- AITEX. (2007). Alternativas para la reducción de volumen de residuos en el sector textil, medidas de minimización en el proceso de producción y en el consumo. Comisión
- Europea programa LIFE-Medioambiente.
- Bermeo, M., & Tinoco, O. (2016). Remoción de colorantes de efluente sintético de industria textil aplicando tecnología avanzada. Lima: Facultad de ingeniería industrial- UNMSM.
- DINI, Marco y STUMPO Giovanni (2011) Documento de proyecto: Comisión
- Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Políticas para la innovación en las pequeñas y medianas empresas en América Latina (consulta: 9 de septiembre de 2013) (<http://www.eclac.org/ddpe/publicaciones/xml/3/43993/W403.pdf>)
- "Introducción a la Producción Más Limpia", ONUDI (junio de 2008) https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf
- "Curso de Producción más Limpia (PmL) como herramienta para el Manejo Integrado de Cuencas", Octubre de 2019, Fondo Mundial para la Naturaleza, revisado por el Centro Guatemalteco de PML, (junio de 2008)

https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/curso_produccion_mas_limpiar2.pdf

- “Producción más Limpia, concepto y antecedentes” (noviembre de 2016), Buenos Aires,
- <https://agromedioambiente.files.wordpress.com/2016/11/produccion-limpia.pdf>
- Manual de Producción más Limpia. Un paquete de recursos de capacitación. (Enero 2009)
- <http://www.pnuma.org/industria/documentos/pmlcp03b.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. REGISTRO DE SENAPI

ANEXO B. CONVENIO INTERINSTITUCIONAL

- COMPAÑÍA ABC TEXTIL SRL

ANEXOS VARIOS DE LA INVESTIGACIÓN

Foto 1.

ABC TEXTIL, iniciando el trabajo de campo



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

***PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ***

Foto 2.

ABC TEXTILES, Maquinaria de laboratorio



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

***PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ***

Foto 3.

ABC TEXTILES, Análisis de Laboratorio



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

Foto 4.

ABC TEXTILES, Trabajo con Jefe de laboratorio del Área de Ingeniería UPEA (Ing. Omar Aguilar)

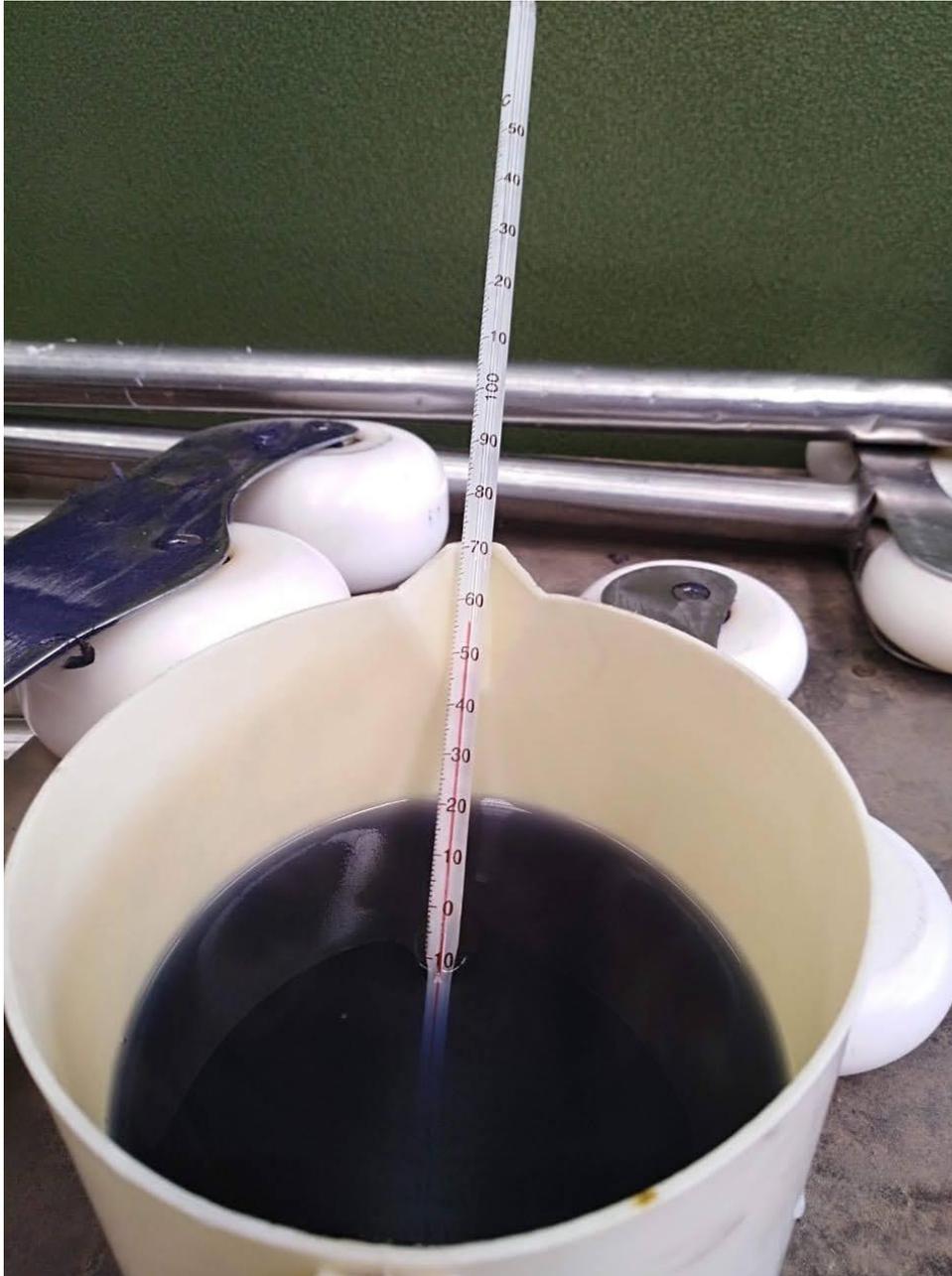


Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

***PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ***

Foto 5.

Toma de muestras en planta ILLAMPU TEXTIL

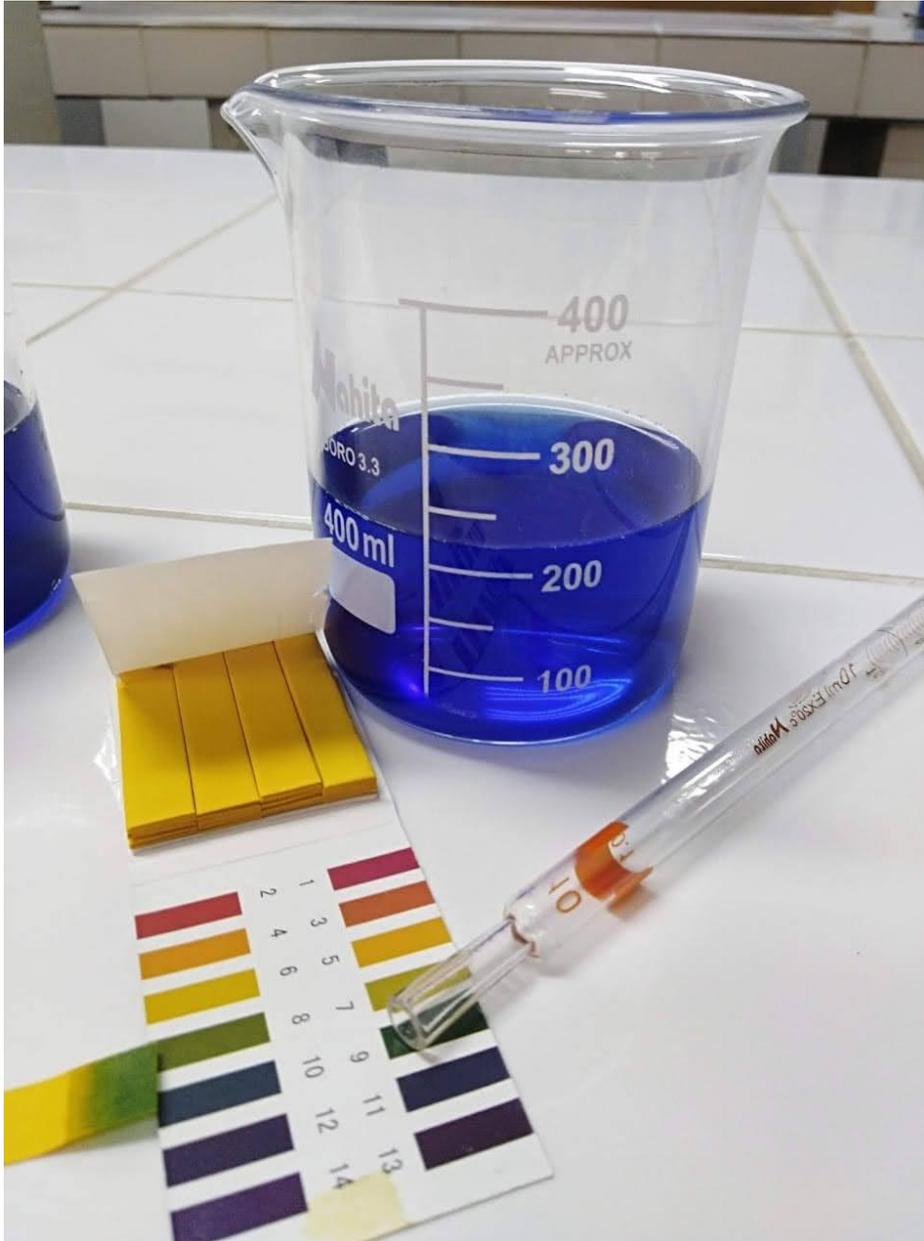


Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

Foto 6.

Toma de datos físicos de muestras en planta ABC TEXTILES



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

Foto 7.

Trabajo de laboratorio, análisis de muestras, ILLAMPU TEXTIL



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

Foto 8. Caldero de abastecimiento a la planta de tintorería Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

Foto 9.

Análisis de muestras en laboratorio Área de Ingeniería UPEA



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

Foto 10.

Maquinaria de tintura



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

Foto 11.

Toma de muestras del Efluente de Teñido ABC TEXTIL



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

Foto 3.

Toma de pH en ABC TEXTIL



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

Foto 4.

Máquinas de teñido de ABC TEXTIL



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

***PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ***

Foto 5.

Máquina THIES alemana de teñido ABC TEXTIL



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

Foto 6.

Máquina THIES alemana de teñido ABC TEXTIL



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE TINTURA
PARA LA FIBRA ACRILICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL DE LA PAZ**

Foto 7. Resultados del teñido en borra



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

Foto 8. Planta Illampu Textil SRL



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

Foto 9. Ingreso Planta Illampu Textil SRL.



Fuente: Propiedad del equipo de investigación (2021)

Foto 10

Toma de pH del proceso de Teñido ILLAMPU TEXTIL



Fuente: Propiedad del Equipo de investigación (2021)

ANEXO E. RASIM

Artículos del Reglamento Ambiental Para El Sector Industrial Manufacturero

Considerando específicamente el tema de Contaminación Hídrica, contemplado en el Capítulo III del RASIM, en los artículos 71 al 78 se especifica lo siguiente en detalle:

Artículo 71. (Fuentes)

Con el objeto de regular las actividades de las industrias que puedan contaminar el medio hídrico, se consideran de prioritaria atención y control las siguientes fuentes:

- a) Procesos que generen residuos líquidos;
- b) Procesos térmicos que utilicen agua;
- c) Vertidos o derrame de líquidos;
- d) Operaciones de limpieza de materias primas, equipos y ambientes.

Artículo 72. (Esfuerzos)

La industria es responsable de la prevención y control de la contaminación que puedan generar sus descargas, debiendo realizar esfuerzos en:

- a) La segregación de sus diferentes descargas líquidas en origen, con el objeto de reciclar y reutilizar las mismas
- b) La optimización de sus operaciones y procesos además del adecuado mantenimiento de sus equipos;
- c) La captura, conducción y tratamiento de derrames;
- d) La recirculación de las sustancias utilizadas hasta su agotamiento;
- e) Uso eficiente del agua en los procesos térmicos;

- f) La incorporación de sistemas correctivos de la contaminación, después de agotarse las medidas de Producción Más Limpia.

Los esfuerzos de la industria deberán reflejarse en los Planes de Manejo Ambiental, Informes Ambientales Anuales, renovación del formulario RAI. Los esfuerzos de la industria se evalúan a través del Sistema de Evaluación y Revelación de Informes (SERI)

Artículo 73. (Control priorizado).-

La industria priorizará e control de sus descargas, los siguientes parámetros: Potencial de hidrógeno (pH), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), Demanda química de oxígeno (DQO), Sólidos suspendidos totales (SST), Aceites y Grasas, Metales pesados y Conductividad.

El control de estos parámetros se reflejará en los Planes de Manejo Ambiental, Informes Ambientales Anuales y renovación de Formulario RAI.

Artículo 74. (Límites permisibles).-

La industria debe cumplir con los límites permisibles para descargas en cuerpos de agua a través del parámetro de mezcla establecido en el Anexo 13-A; lo que implica que deberá auto-monitorear todos los parámetros contemplados en este Anexo.

Artículo 75. (Auto-monitoreo).-

La industria debe realizar auto-monitoreo de todos los parámetros que puedan ser generados por sus actividades como descargas. Las industrias contempladas en el Anexo 13-B, deberán realizar en sus descargas, auto-monitoreo de los parámetros especificados, de acuerdo a métodos estándar disponibles mientras se establezca la Norma Boliviana, debiendo mantener un registro de fuentes y descargas para la inspección de las autoridades. El auto-monitoreo deberá efectuarse por lo menos una vez al año para cada punto de descarga.

Para el auto-monitoreo se utilizarán laboratorios acreditados en Bolivia. Mientras éstos no existan a nivel departamental, se utilizarán laboratorios legalmente establecidos.

Artículo 76. (Disposición de descargas).-

Las industrias tienen las siguientes posibilidades para disponer sus descargas:

- a) Conectarse a un sistema de alcantarillado autorizado para descargas industriales, de acuerdo a contrato de descarga entre la industria y la Entidad Prestadora de los Servicios de Agua Potables y Alcantarillados Sanitario (EPSA);
- b) Transportar a una planta de tratamiento o a un punto de descarga de alcantarillado industrial autorizado, de acuerdo a contrato de descarga entre la industria y EPSAS;
- c) Descargar a un cuerpo de agua superficial en un volumen menor o igual a un quinto (1/5) del caudal promedio del río o arroyo en época de estiaje, cuando se cumple con lo establecido en el Anexo 13-A, previa autorización de la IADP, Si existieran descargas instantáneas mayores a un quinto (1/5), pero menores a un tercio (1/3) del caudal, la IADP podrá en forma excepcional autorizar las mismas previo estudio justificado.
- d) Transferir a terceros cuando se cumplan con los límites permisibles establecidos en el Anexo 13-A. Para fines de reciclaje referirse al Anexo 15 del presente reglamento
- e) Recargar o inyectar a un acuífero, solamente cuando no exista sistema de alcantarillado o cuerpo de agua superficial, previa autorización excepcional de la IADP, con base en un estudio justificado y cumplimiento de los límites permisibles establecidos para cuerpos receptores de clase A del Anexo 13-A.

Para optar a las opciones de los incisos c), d) y e), las industrias deberán contar con la caracterización de sus efluentes a través de un auto-monitoreo y mantener un registro disponible para las inspecciones de la autoridad.

Artículo 77 (Prohibiciones).-

Se prohíben las siguientes descargas a los sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua:

- a) Sustancias radioactivas, compuestos orgánicos halogenados, aceites y lubricantes minerales e hidrocarburos;

- b) Sedimentos, lodos, sólidos o semisólidos, provenientes de los procesos de producción, sistemas de tratamiento de aguas residuales o equipos de descontaminación ambiental.

Estas sustancias deberán ser colocadas en recipientes sólidos cerrados y para efectos de su gestión se aplicará lo dispuesto en el Capítulo IV del presente Título.

Artículo 78. (Dilución).-

Está prohibida la dilución de los efluentes para lograr las concentraciones de los límites permisibles del Anexo 13-A del presente Reglamento.

En general en este contexto las empresas están obligadas a adecuarse a la legislación ambiental vigente, por lo que es preferible ser parte de la gestión del cambio antes de que esta venga impuesta por la reglamentación.

ANEXO F. LEY DEL MEDIO AMBIENTE (LEY 1333)

El objetivo de esta Ley es “la protección y conservación del Medio Ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de la vida de la población.

Esta Ley define el marco general de protección ambiental que rige en el país, fija los objetivos de la política ambiental, da el marco institucional y las competencias de las autoridades ambientales, e incorpora la planificación ambiental en la planificación del desarrollo nacional.

En este sentido el Artículo 85 de la Ley de Medio Ambiente establece lo siguiente:

“Corresponde al Estado y a las instituciones técnicas especializadas:

- Promover y fomentar la investigación y el desarrollo científico y tecnología en materia ambiental,
- Apoyar es rescate, uso y mejoramiento de las tecnologías tradicionales adecuadas.
- Controlar la introducción o generación de tecnologías que atenten contra el medio ambiente.
- Fomentar la formación de recursos humanos y la actividad científica en la niñez y la juventud.
- Administrar y controlar la transferencia de tecnología de beneficio para el país.

En la misma dirección el Artículo 113 de la Ley del Medio Ambiente dice. El que transfiera e introduzca tecnología contaminante no aceptada en el país de origen. Será sancionado. Las empresas del sector textil, hasta la actualidad continúan usando colorantes para el proceso de tintura, que están discontinuadas por llevar en su composición elementos tóxicos.

Uno de los aspectos más importantes en las dos empresas, ABC Textil e Illampu Textil, es que en el futuro inmediato estarán obligados a adecuarse a la legislación ambiental vigente,

por lo que es preferible el cambio a tiempo, antes de la obligatoriedad y sanción. Por otro lado los recursos son limitados y es necesario la eficiencia en el uso, incluido el reusó de efluentes después de un tratamiento económico y sencillo, el criterio es las empresas no tienen el derecho de derrochar los recursos.

Reglamentación General a la Ley del Medio Ambiente.

Dicha reglamentación aprobada mediante DS N° 24176, el 8 de diciembre de 1995 y puesta en vigencia en abril de 1996.

- Reglamento General de Gestión Ambiental (RGGA): Regula la gestión ambiental, entendida como el conjunto de actividades y decisiones concomitantes orientadas al desarrollo sostenible.
- Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA): Establece el marco técnico jurídico regulador de la Ley del Medio Ambiente en lo referente a la ficha ambiental. Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental y las autoridades competentes en la materia.
- Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA): Establece el marco técnico jurídico regulador a la Ley del Medio Ambiente en lo referente a la calidad y la prevención de la contaminación atmosférica, fijando además los límites permisibles de las sustancias generalmente presentes en los diferentes procesos de emisión, diferenciando por fuentes de contaminación atmosférica: fijas (por ejemplo: industrias) y móviles. También se incluye el tratamiento sobre la calidad de los combustibles, ruidos y olores contaminantes, así como los contaminantes atmosféricos en interiores.
- Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH): Regula la prevención de la contaminación y control de la cantidad de los recursos hídricos. Define el sistema de control de la contaminación hídrica, los límites permisibles de los elementos potencialmente contaminantes y las condiciones físico químicas que debe cumplir un efluente líquido para su vertimiento.

- Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas (RASP): Reglamenta las actividades con sustancias que define como peligrosas, estableciendo procedimientos de manejo, control y reducción de riesgos.
- Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (RGRS) Establece el régimen jurídico para la ordenación y vigilancia de la estación de los residuos sólidos, en relación a la generación, manejo, tratamiento, selección, recolección, transporte, almacenamiento y disposición final. Define la normatividad que debe seguir la gestión de residuos sólidos, para evitar la contaminación de suelos y cuerpos de agua, el mismo esta referido principalmente a los residuos sólidos, domiciliarios, comerciales, de servicios e institucionales, procedentes de la limpieza de áreas públicas y otras asimilables a domiciliarios.

Con el objetivo de promover la Producción Más Limpia, las Guías Técnicas Ambientales aprobadas por el OSC y las certificaciones de sistemas Gestión Ambiental, obtenidos a través de la norma NB-ISO 14001, se constituye en documento de referencia técnica para:

- Acceder a incentivos
- Establecer acuerdos entre la industria y la autoridad para optimizar la gestión ambiental-
- El establecimiento de plazos y límites permisibles.
- Ser incorporados dentro del Plan de Manejo Ambiental (PMA), cuando se implementen las Guías Técnicas Ambientales.
- Sustituir el plan de Manejo Ambiental (PMA) cuando la industria cuenta con la certificación NB-ISO 14001.

El RASIM establece nuevos instrumentos como son los acuerdos y diálogos con fin de resolver conflictos y priorizar la aplicación de la reglamentación (Artículo 114)

Es posible que en la investigación encontremos distintas visiones y prácticas en planta referente a la Producción Más Limpia.